

بيولوجى النبات

دكتور
صفوت مهنا

دكتور
حافظ شلبى

مطبعة المدنى
المؤسسة السعودية بمصر
٦٨ شارع العباسية – القاهرة ت : ٨٢٧٨٥١

GIFTS OF 2001

DR. ASSEM MOHAMED ALY
PROF. OF BIOTECHNOLOGY IN
MUBARAK CITY FOR SCIENCES
AND TECHNOLOGY – ALEX.

بيـــولوجى النبـــات

دكتور
صفـــوت مهنـــا

دكتور
حافـــظ شـــلبى

مطبعة المدنى
المؤسســـة الســـعودية بمصـــر
٦٨ شارع العباسية - القاهرة ت : ٨٢٧٨٥١

رقم الإيداع ٨٧/١٥٦٦

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

منذ خلق الله سبحانه وتعالى الانسان وهذا الانسان يعتمد اعتماداً بالغ الاهمية فى ضرورات حياته على النبات ولو عدنا لأصول الاشياء لوجدنا ان النبات هو المسؤل الاول عن تغذية الانسان – حتى ولو اعتقد انه يتغذى على لحوم الحيوانات فان الحيوان قد تغذى بدوره على نبات لانه عاجز عن تجهيز غذائه بنفسه من المواد الخام .

ولا يختلف الامر كثيراً فالكساء والمأوى نجد ان من اهم مصادرها الالياف النباتية والاخشاب هذا بالاضافه الى دور النبات فى صناعه الاوراق والوقود وما الفحم والبترول الا نباتات قد عاشت واندثرت من العصور القديمة .

فاعتماد الانسان لا شك على هذا الكائن الحى المسمى " نباتاً " منه نأكل وعليه نعيش وبه ندفأ وعليه تقوم الصناعات من غذاء وورق .. وعطور ومزيلات للأرق .. وسيكون عرضنا بإذن الله لموضوع النبات كبدايه لابد منها لدراسات تاليه تشمل نباتات ذات قيمه اقتصاديه سواء كانت ايجابيه فى قيمتها او سلبيه كتلك التى تسبب الامراض . ولا شك ان القيمة الجماليه للنباتات اثر غير قليل فى استمتاع الانسان بمخلوقات الله ..

والآن .. فلنبدأ بالتعرف على هذا النبات من تركيب خارجى وداخلى ووظائف اعضائه وما يقوم به من عمليات فى تناسق لا يقدر عليه الا الذى قدر فهدى .. سبحانه وتعالى .

كلمه شكر

انها تحيه واجبه .. الى اساتذه فضلاء كان لهم الفضل .. وعلينا الشكر والتقدير . منهم من كانت رعايته وتشجيعه حافزا على اخراج هذا الكتاب .. ونخص بالذكر عميد الزراعيين الاستاذ الدكتور

« هلال الحطاب »

ومنهم من علمنا كيف نحب وندرس ونتعلم " النبات "

تحيه الى الاساتذه الدكتور العالم " **حسين توفيق** "
والدكتور العالم " **مصطفى فضل** " .

انه اعزاز وتقدير ونحن على بدايه عهد جديد بكتاب جديد . فكل كلمه تكتب او تقال انما هى صدى لما تعلمناه على تلك الآيادى الكريمة ..
فمنهما وعلى يديهما تعلمنا .. ونعم المعلم .

واذا كنا قد انتلقنا بالدراسه والبحث الى آفاق جديده فى عالم النبات ، انتاجا ، ووقايه .. فانما الفضل يرجع الى تفهمنا الواعى للنبات .. وان الانتاج الزراعى لا يقوم الا على احد اعضائه وهى الاوراق .

ولا ننسى فى شكرنا وتقديرنا الى اصحاب الفضل علينا ان ندعو الله العزيز القدير ان يتغمد برحمته الاستاذ الدكتور / **محمد القاضى** .. والا ينقطع عمله ابدا بما قدم من علم ينتفع به وابناء برره يدعون له .

واننا اذ نرجو ممن يجد خطأ ان يرشدنا ، وممن يجد نقصنا ان يعذرنا .. فما تمام العلم الا لمن علم الانسان ما لم يعلم .

دكتور
صفوت مهنا

دكتور
حافظ شلبى

الخليـــة

لكى نتفهم كيف يؤدى النبات دوره الذى خلق من أجله ، فلنبدأ بالتعرف عليه . فنجد أول ما يقابلنا إذا ما أردنا أن نغوص فى أعماق ذلك الكائن الذى لولاه ما كانت حياة لانسان أو حيوان ذلك المسمى " نباتا " اول ما يقابلنا طبقه رقيقه سماها علماء النبات البشرة . واذا ما دققنا النظر فى هذه البشرة تحت المجهر لرأينا وحداتها التى عرفها العالم الأنجليزى Robert Hooke وسماها " الخلية " .

وقد عرفت الخلية النباتية حديثا بأنها الوحدة النباتية والبيولوجية للكائن الحى والتى اذا ما عزلت ووضع على بيئه مغذية يكون لها القدرة على أعادة وتكرار نفسها عن طريق الانقسام ، والمحاطه بغشاء خلوى شبه منفذ . اما عن حجمها فإن اغلب الخلايا النشطة يقع قطرها فى المتوسط ما بين ٥ و – ٢٠ ميكرون ، وأن كانت اصغر خليه ذات قطر ٢٥٠ ملليميكرون . كما انه قد يصل طول الخلية الى ١ – ٣ ملليمتر فى الياف الخشب واللحاء فى النباتات من كاسيات البذور . وتصل الى ٢ – ٨ ملليمتر فى عاريات البذور ومن حيث الشكل فإن الخلية قد تتخذ شكلاً كروياً لو كانت حرة مستقله عما يجاورها . أما اذا تجاورت وتشابهت فى الشكل وتقارب فى السن استمرت فى النمو حجماً فإن ضغط بعضها على بعض يجعل للخلية شكلا عديد الأوجه ويساوى بين اقطارها .

ولكن استمرار النمو والتخصص الذى تتخذه الخلية او مجموعة الخلايا التى تؤدى وظيفه معينه ، يسبب تبايناً عظيماً فى هيئات الخلايا وصورها فيكون منها البيضى ، شبه البيض والسطوانى والمستطيل والمضلع ، المفلطح ، والليفى ، النجمى ، المفصص ، المتفرع على أن هناك نوعين رئيسيين هما شبه الكروى وعديد الأوجه وتكون الأقطار متساوية أو قريبه من التساوى ، أو أن يكون أحد الأقطار اضعاف غيره ، فيقال أنها خلية مستطيلة .

اما الخلايا الغير متخصصه ولا المتميزه والتى توجد فى جماعات متصلة يحوط بعضها بعضا ، فانها عاده تتخذ شكلاً ذا أربعة عشر وجها وهو شكل تتمثل فيه

---

١ ملليمتر = ١٠٠٠ ميكرون – ١ ميكرون = ١٠٠ ملليمكرون .

١ ملليمكرون = ١٠ انجستروم

صفات الحجوم المتساوية فى الحساب الرياضى اذا كانت سطوحها اقل ما يمكن ، بحيث تملأ حيزها دون أن تترك فيما بينها فراغات .

وقد يسبب النمو تغيرات فى اشكال الخلايا ... فإذا كان النمو توافقياً ويقصد به نمو لمجموعة الخلايا الغير مكتمله نمواً يشملها جميعاً مع توافق فى الأنتظام والشكل . وفى هذه الحالة فإن الخلايا تنمو معاً وجدرانها متلاصقه لا تنفصل ولا يتغير نظام اتصالها .

ولكن إذا حدث انزلاق جدار خلية ما أثناء نموها على جدران خليه ملاصقه سمى ذلك بالنمو الانزلاقى Gliding or sliding growth وينشأ عنه مساحات اتصال جديدة لم تكن موجودة اصلاً بين هذه الخلية والخلية المجاورة والقريبة منها .

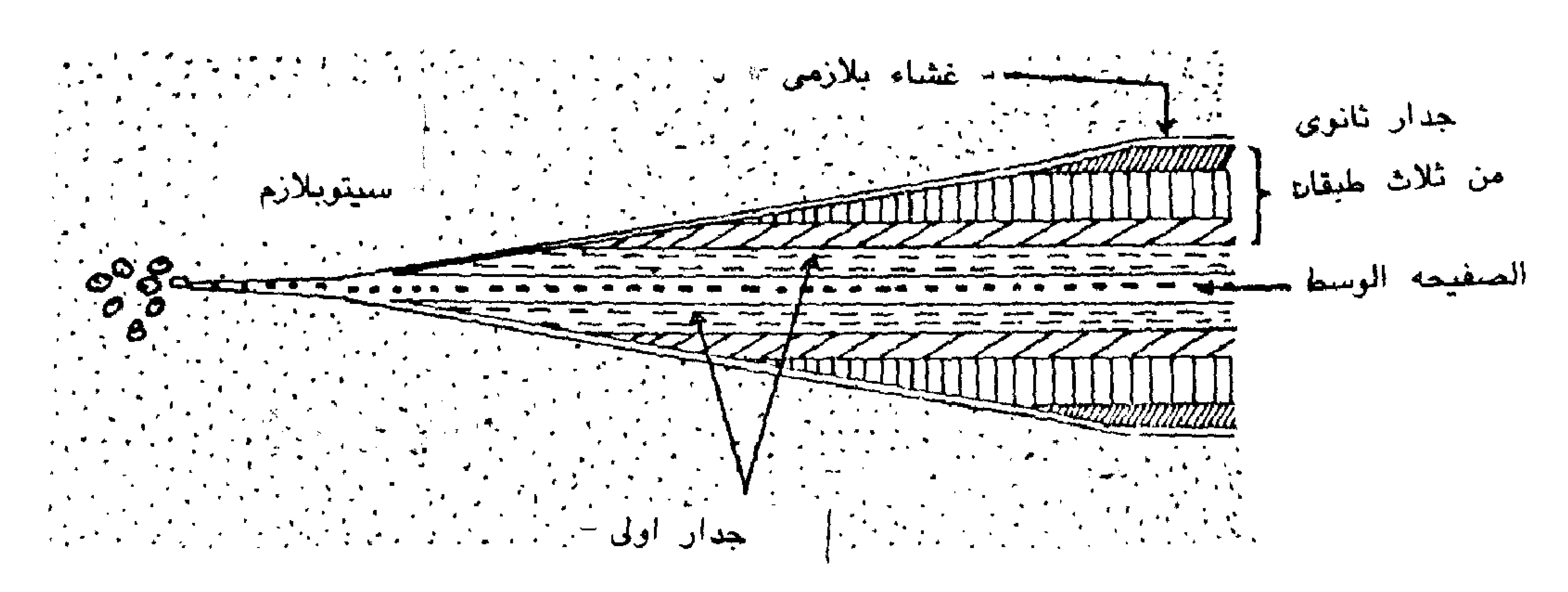
والنوع الثالث للنمو وما يعرف باسم النمو الانحشارى Intrusive growth ويفترض فيه المط الغير متكافىء لأجزاء الجدار – أى أن الزيادة فى حجم الخلية زيادة موضوعية وليست شامله وينشأ عن ذلك بروز الأجزاء المستحدثه الى ما بين الخلايا المتاخمه وامتدادها فى المسافات البينيه وعموماً فانه اذا اقتصر النمو على جزء صغير عند قمه الخلية ينمو وينشىء مواضع التقاء جديده بينيه وبين الخلايا المجاورة سمى نمواً انحشارياً . اما اذا كان النمو فى منطقه من الخلية غير طرفها فإن ذلك يستلزم حركه من النوع الانزلاقى .

تركيب الخلية : -

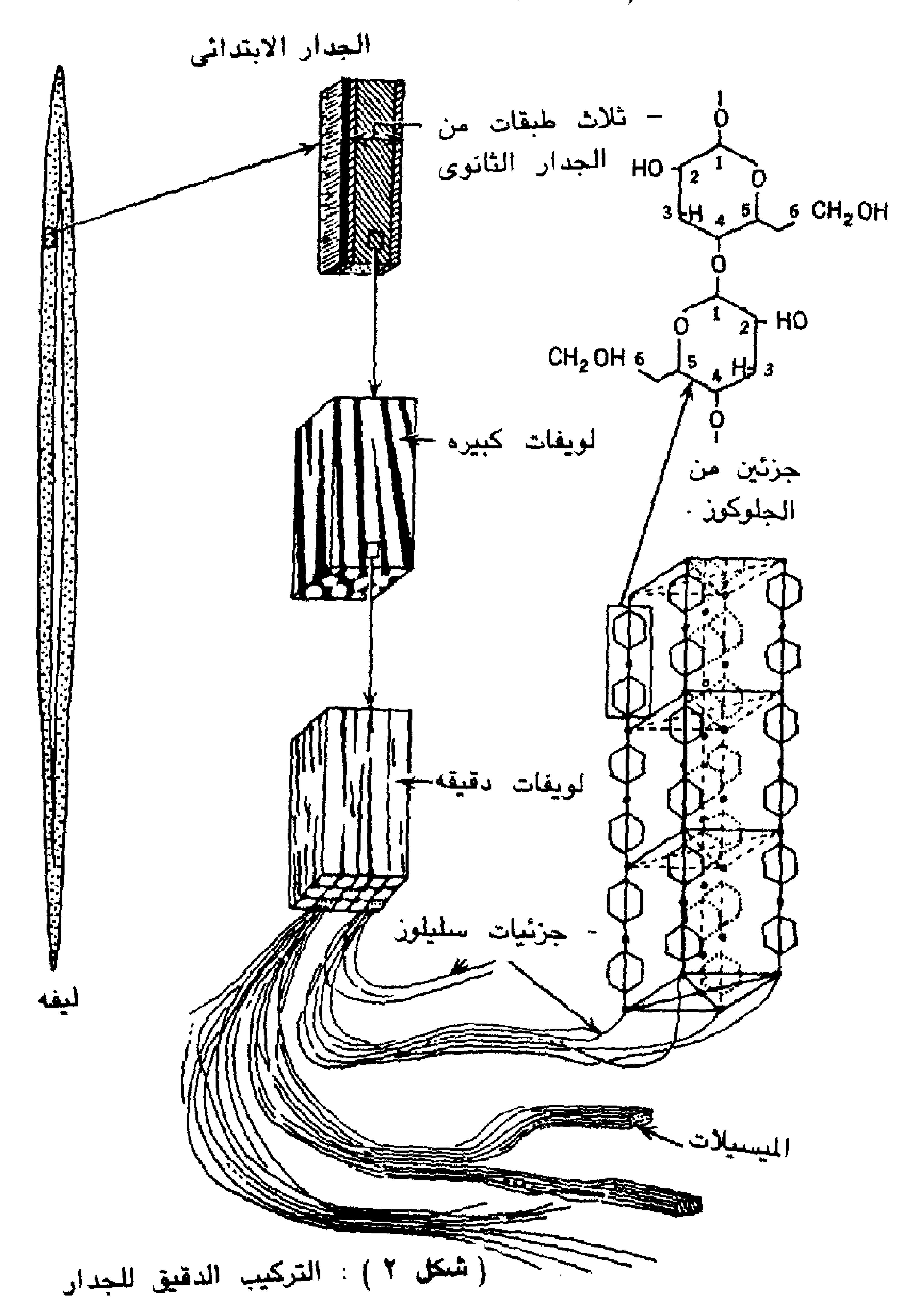
تتكون الخلية النباتية اساساً من جدار يحيط بكل محتوياتها وهذه المحتويات قد سميت " البروتوبلاست " " Protoplast " ويتكون بدورة من " بروتوبلازم " " Protoplasm " ويحتوى على مواد خامله Ergastic Substances

اولاً الجدار الخلوى Cell wall

الجدار الخلوى من أهم ما يميز الخلية النباتية عن سائر الخلايا الحيوانية وهو من أهم الوسائل التى عن طريقها يمكن تحديد تبعية الكائن الحى الدقيق اذا كان ضمن المملكة النباتية او الحيوانية .



(شكل ١) : تركيب جدار الخليه النباتيه



(شكل ٢) : التركيب الدقيق للجدار

ويتركب الجدار من ثلاث مناطق :

أ - الصفيحه الوسطى Middle lomella

وهى تتكون يتحول يحدث فى الصفيحه الخلوية cell plate بعد تكوينها للفصل بين البروتوبلاست فى كلا من الخليتين الحديثتين بعد الأنقسام ويحدث ذلك التحول فى المراحل الأولى من تكوين الجدار .

وتتكون كميائيا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم والتى تتصف بلزوجتها فتعمل على لصق الطبقات وبالتالى الخلايا .

ب - الجدار الأول Primary wall

يحدث ترسيب على الصفيحه الوسطى حيث يتكون الجدار الأول أو الأبتدائى وفى بعض المناطق من الجدار الأول لا يكون الزيادة فى سمك الجدار منتظمه ، وتتبادل فيه المناطق الرقيقه مع غيرها الغير رقيقه وتنشأ عن ذلك مناطق محددة يكون فيها الجدار رقيق تسمى " بداءات النقر Primardid pits ويظل الجدار الاول رخواً يتواءم مع التغير فى حجم الخلية وشكلها المصاحب لاستمرار نمو الخلية الحديثة ، ويظل التباين فى تغلظ الاجزاء المختلفة للجدار كما يظل التبادل بين مناطق التغليط والمناطق الرقيقة . والجدار الاول يتميز بقدرته العالية على تشرب الماء نظراً بطبيعه تكوينه وتركيبه حيث يتكون اساساً من السليلوز مختلط ببعض المركبات مثل الهيمسليلوز والبكتين والبروتين .

جـ - الجدار الثانوى Secondary wall

قد يعقب تكوين الجدار الاولى جداراً آخر ثانوياً يتكون بعد تمام نمو الخليه فى الحجم يعرف بالجدار الثانوى ويتكون عادة من ثلاث طبقات تختلف فى السمك وعادة الوسطى تكون اكثر سمكاً ويتركب الجدار الثانوى اساساً من السليلوز ويختلط به مركبات آخرى غير سلبلوزيه اهمها اللجنين والسوبرين . وبزيادة سمك الجدار الثانوى يقل حجم البرتوبلاست وقد يتمثل الجدار كل حجم الخلية كما يحدث فى الألياف يقل وتموت الخلية وتترك جدارها ليعمل موصل للماء او دعامه للنبات .

تركيب الجدار : -

امكن حديثاً وبفضل استخدام المجهر الالكترونى التعرف على التركيب الدقيق للجدار الخلوى، حيث وجدانه مكون من لويفات كبيره Mocrofibrils ، يفصل بينها مسافات او فراغات سميت " المسام الشعرية Mocyocapillaries وعند فحص لويفه

كبيره وجد انها تتكون من لويفات اصغر عرفت باسم لويفات دقيقة Microfibrils تفصل بين كل لويفه دقيقه وأخرى مسام شعرية ولكنها ادق من مثيلتها فى المسام الشعرية فى اللويفات الكبيره . ثم نأتى إلى تركيب اللويفه الدقيقة فنجدها مكونه من حزم منتظمة تسمى ميسيلات Micelles وهى عبارة عن جزئيات من السليلوز بعضها متبلور والبعض الآخر غير متبلور والسليلوز بدوره عباره عن سلسله مستقيمه طويله مكونه من وحدات جليكوزيديه من الجلوكوز .

وترجع مرونه الجدر الأوليه الى انخفاض نسبه السليلوز المتبلور بها وارتفاع نسبه السليلوز غير المتبلور . والعكس فى الجدر الثانويه وتبعاً لنوع الجدار ونوع وعمر الخليه يحدث ترسيب لبعض المواد المختلفه فى الفراغات المختلفه (المسامات الشعريه بنوعيها) ففى الجدر الابتدائيه تكون المواد المالئه مركبات بكتينيه وفى جدر الانسجه الخشبيه والاسكلرنشيميه يكون اللجنين هو المحتل تلك الفراغات اما الكيوتين فيوجد فى فراغات جدر البشره ويختلف الامر فى جدر خلايا الفلين حيث يترسب السوبرين واذا ما خلت الجدر السليلوزية من تلك المواد كان الفراغ ممتلأ بالماء وبمعرفه اتجاه وضع الليوفات بالنسبه للمحور الطولى للخليه يمكن تحديد نوع الجدار ان كان ثانوى أو اولى كما يختلف ايضا اتجاه ترتيب اللويفات الصغيره باختلاف شكل الخلايا .

النقـــــر :

أثناء تكوين الجدار الاولى يحدث فى بعض المناطق عدم تماثل فى السمك فتنشأ عنها مناطق ارق سمكاً تكون بدايه لعدم تكوين جدر ثانوية فى هذه المنطقه وتعرف هذه المناطق بحقول النقر الابتدائية Primary Pitfillds وتمر خلالها البلازموديزماتا وفى مناطق أخرى لا يتم ترسيب الجدر الثانوية وتعرف فى هذه الحاله بالنقر .

فالنقره هى منطقه ليس فيها ترسيب من الجدار الثانوى وتتكون من الصفيحه الوسطى والجدار الأولى من الخليتين المحيطين بها بالأضافه الى التجويف ذاته وهى انواع .

[١] **النقر البسيطه** Simple pits

وهى تلك النقر التى لا يرتفع فيها الجدار الثانوى المكون للحافه إلى مستوى آخر واذا ما تقابلت نقرتان سميت بالنقرة المزدوجه واذا تكونت نقره مقابله مسافه بينيه

البكتين : ماده كرابوايدراتيه غرويه محبه للماء

لجنين : ماده غير كربوايدراتيه معقده . يكسب الجدد صلابه . وهو منفذ للماء

الكيوتين : ماده دهنيه غير منفذه للماء والغازات

السوبرين : ماده دهنيه غير منفذه للماء والغازات

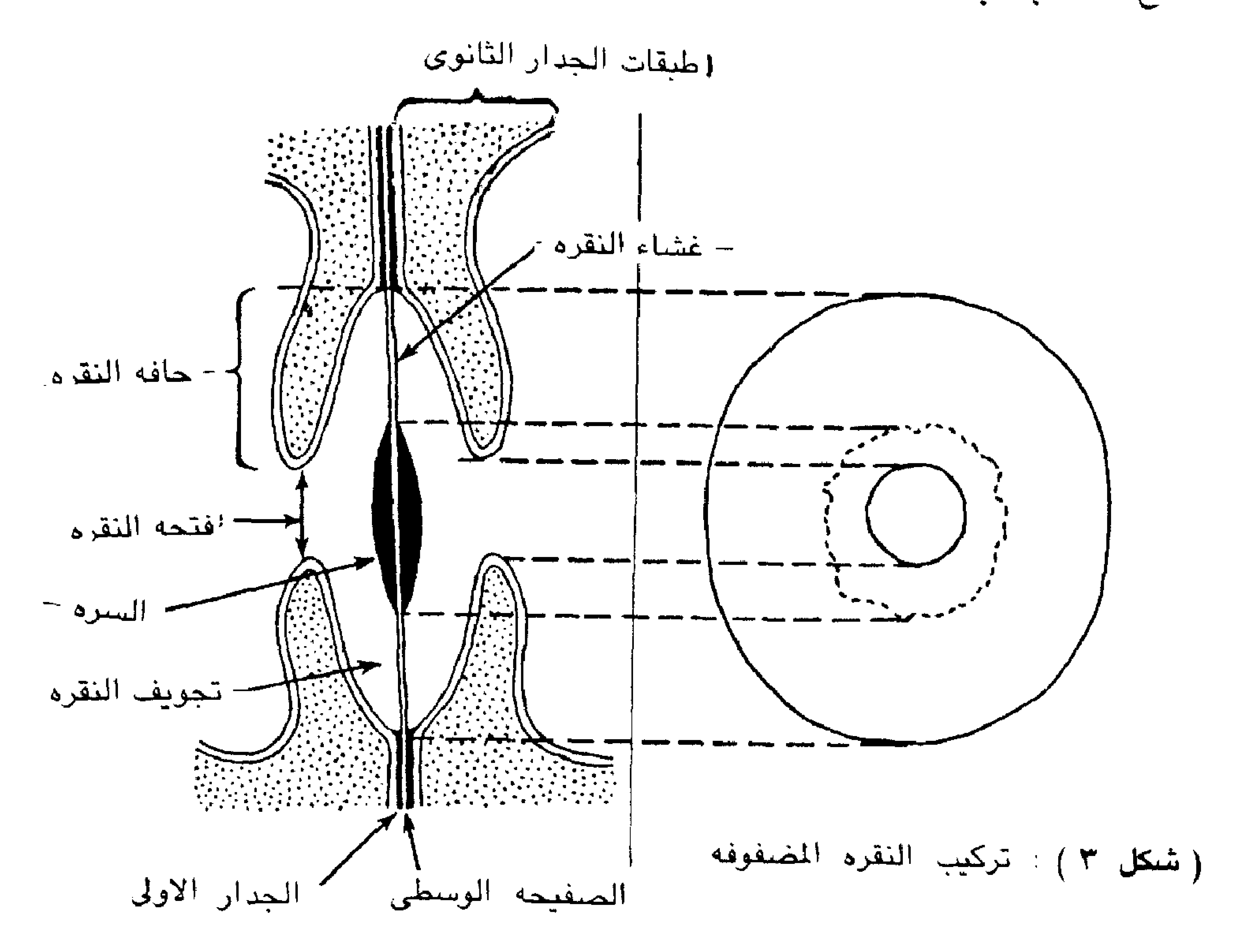
سليلوز : مركب كربوايدراتى عديد التسكر يتكون من وحدات من سكر الجلوكوز . منفذ للماء والمواد الذائبه .

سميت نقره عمياء blind pit وقد تشترك نقره بسيطه او النقر فى قناه متفرعه تعرف باسم النقر المتفرعه ramiform pits كما أن سمك الجدار الثانوى يحدد عمق فجوه النقره وعليه فإن كان الجدار رقيقا كانت النقر ضحله shallow وأن كان سميكاً كانت النقره غائره Deep

[٢] **النقر المضفوفه** Bordered pits

وهى نقر ذات حواف نتيجه انفصال الجدار الثانوى فى المنطقه المتصله بتجويف النقرة مكوناً حافه او قمه ويعرف الفراغ الموجود فيه غشاء النقره والجدار الثانوى بتجويف النقره pit cavity فى النقر المضفوفه بتغلظ غشاء النقره مكوناً جزء وسطى متميز يسمى السرة Torus قطره اكبر من فتحه النقره .

وتقوم النقر المضفوفه بوظائف هامه خاصه فى الانسجه النشطه حيث تعمل السرة على منع مرور الماء من الخليه الى أخرى مجاورة وذلك عندما يكون اندفاع الماء من تلك الخليه شديد وذلك بتحرك السرة فى اتجاه فتحه النقره وتغلق النقره فبعد عودة الضغط المائى الى طبيعته فتعود السرة إلى موضعها كما أن النقره المضفوفه تعمل على حفظ شريط الماء على اتصال مستمر فى الأوعيه والقصيبيات وذلك بمنع دخول فقاعات الهواء اليها فتعمل على زيادة كفاءه الخشب على تأديه وظيفته فى توصيل الماء والاملاح الذائبه به .



(**شكل ٣**) : تركيب النقره المضفوفه

ثانياً البروتوبلاست :

البروتوبلاست هو الوحدة الخلويه النشطه التى يتكون منها الكائن الحى . وتحتوى على تراكيب بروتوبلازميه من انواع مختلفه ومحتويات غير حية ، بعضها عضوى وبعضها غير عضوى . ويمكن تقسيم البروتوبلاست الى :

١ - البروتوبلازم

أ - النواه ب - السيتوبلازم

٢ - المواد الخامله

١ - الفجوات العصاريه ٢ - حبيبات النشا
٣ - البلورات ٤ - البروتينات
٥ - الدهون

١ - البروتوبلازم :

هى المادة الحية للخلايا ... مكونه فى مجموعها الحياه وهى مادة هلامية غير متجانسه تتكون من محلول غروى يعرف بالسيتوبلازم ويوجد معه مكونات أخرى اهمها النواه وعمله فإنه يتكون من .

١ - النواه

تتحكم النواه فى الوظائف الحيويه للخليه وتموت الخليه وقد تستمر فى الحياه بعد نزع النواه ولكنه فى هذه الحاله الاخيره يلاحظ تغير فى نشاط ووظيفه الخليه . وتحتوى الخليه النباتيه للنباتات الراقيه على نواه واحده . الا انه فى بعض الحالات كالانابيب اللبنيه نجد أن الخليه الواحده تحتوى على عديد من النويات بعكس الحال فى الأنابيب الغرباليه الناضجه والتى لا تحتوى على نواه وبالرغم من ذلك فهى تستمر فى الحياه وتأديه وظيفتها ويعتقد أن النواه موجوده فى حاله انتشار فى سيتوبلازم تلك الخليه ويرى البعض نواه الخليه المرافقه للانبوبه الغرباليه تكون على صله بستيوبلازم خليه الانبوب وتخدمها .

وعموماً فالنواه جسم كروى او بيضاوى . توجد وسط السيتوبلازم وتختلف فى القطر على حسب نوع الخليه ونوع النبات . ومكانها فى الخلايا الحديثه فى منتصف الخليه ، اما فى الخلايا البالغه فتكون جانبيه . وتختلف النواه عن السيتوبلازم فى زياده لزوجتها وفى زيادة نسبه الاحماض النوويه فى النواه عن الستيوبلازم وتتكون النواه من مادة هلاميه كثيفه غنيه بالبروتينات والبروتينات الدهنيه والحمض النووى

RNA وتعرف بالسائل النووى nuclear Cap أو كاريوليمف Karyolmph وتغلف بغشاء رقيق مزدوج يشابه فى تركيبه الأغشيه البلازميه وتعرف بالغشاء النووى Nuclear membrane ويتميز بوجود زوائد تمتد فى السيتوبلازم وتعتبر امتداد للشبكه الاندوبلازمية كما يحمل على سطحه الخارجى ريبوسومات ويوجد بالغشاء النووى ثقوب يصل قطر الواحد منها ما بين ٥٠٠ - ١٠٠٠ انجستروم تعمل بمثابه موصل بين محتويات النواه والسيتوبلازم ويوجد وسط السائل النووى نوية او اكثر والنوية Nucleolus جسم كروى أو بيضاوى اكثر لزوجه من السائل النووى وهى غنيه بجزئيات الحامض النووى RNA والبروتينات وفيها قليل من DNA والنويه لا تحاط بغشاء .

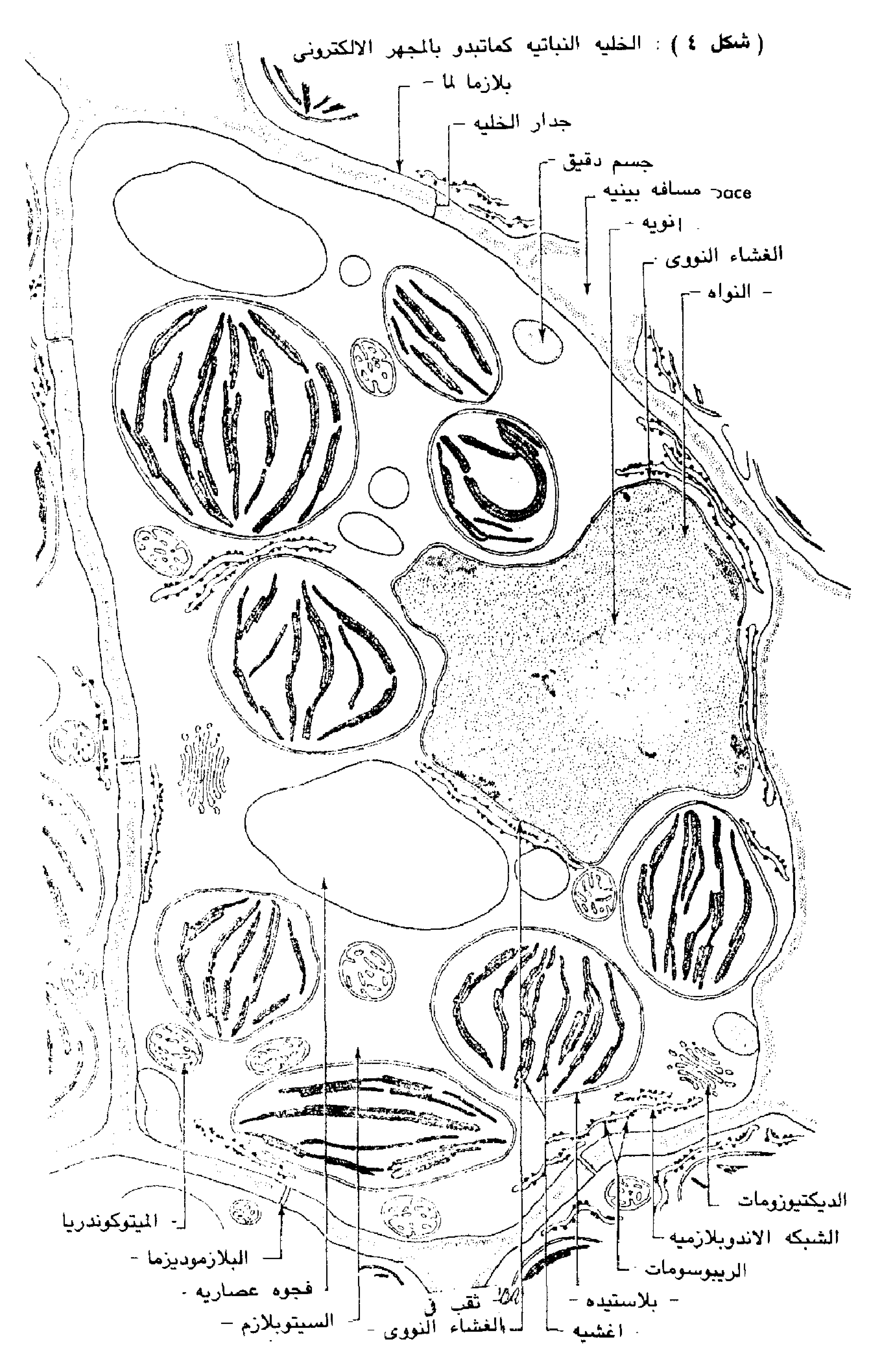
كما يوجد بالسائل النووى ما يعرف بالشبكه النووية او الكروماتينيه Meclear reticulum او Chromatin Retielum وتتكون من وحدات تشاهد منفصله محدده فى بعض مراحل انقسام الخليه وتعرف باسم كروموسومات Chromosomes وهى تتكون من بروتينات نوويه [حمض نووى مرتبط مع بروتينات] والكروموسوم يتكون من وحدتين طولتين تسمى كل واحدة منها كروماتيد Chromatid ولكل منها ذراعين ... وكل زوج من الكروماتيد يلتحمان بواسطه جزء ضيق يسمى السنترومير Centromere ويتكون الكروماتيد من matrix وهى بروتين واحماض نووية ينغمس فيها DNA وتحمل الكروموسومات العوامل الوراثيه المعروفه بالجينات genes وهى التى تتحكم فى الصفات الوراثيه والتفاعلات الحيويه فى النبات بالإضافه الى ذلك فإن السائل النووى يحتوى ما يعرف باسم الريبوسومات Ribosomes والتى لها القدرة على تخليق انواع مختلفه من البروتينات .

٢ - السيتوبلازم :

هو ذلك السائل المحيط بالنواه والمحتوى على كثير من الجسيمات الدقيقه الهامه التى لها دورها فى حيويه ونشاط الخليه . ويحيط بالسيتوبلازم من الخارج والداخل اغشيه اختياريه النفاذيه حيه تتحكم فى نفاذيه الذائبات من حيث النوع والكميه ويسمى هذان الغشاءان بالأغشيه السيتوبلازميه اما السائل السيتوبلازمى فيعرف بالهيالوبلازم Hyaloplasm وتؤثر الحرارة المرتفعه على حاله وسيوله السيتوبلازم . حيث أن بارتفاعها الى درجات حرارة ٧٠ْم يتجمع السيتوبلازم ويفسد ذلك لاحتوائيه على نسبه عاليه من البروتينات الذائبه التى تتأثر بالحراره . حيث تُكون هذه البروتينات النسبه العظمى من المواد العضويه بالسيتوبلازم والتى قد تصل إلى أكثر من ٦٠٪ ولوحظ فى الخلايا الحيه أن السيتوبلازم دائم الحركه بدليل عدم ثبات الجسيمات الموجوده به فى مكان واحد . وقد قسمت الحركه الى نوعين احدهما محيطيه

Rotation والآخرى دائرية Circulation وتتوقف نوع الحركه على موقع النواه ... فاذا كانت فى احد جوانب الخليه والفجوه العصاريه فى منتصف الخليه كانت الحركه محيطيه اى أن السيتوبلازم يتحرك فى محاذاه الجدار حول الفجوه اما اذا كانت النواه فى منتصف الخليه معلقه بخيوط سيتوبلازميه ويوجد العديد من الفجوات العصاريه فإن الحركه تكون حول كل فجوه على حده ويشتمل السيتوبلازم على :

(شكل ٤) : الخليه النباتيه كماتبدو بالمجهر الالكترونى



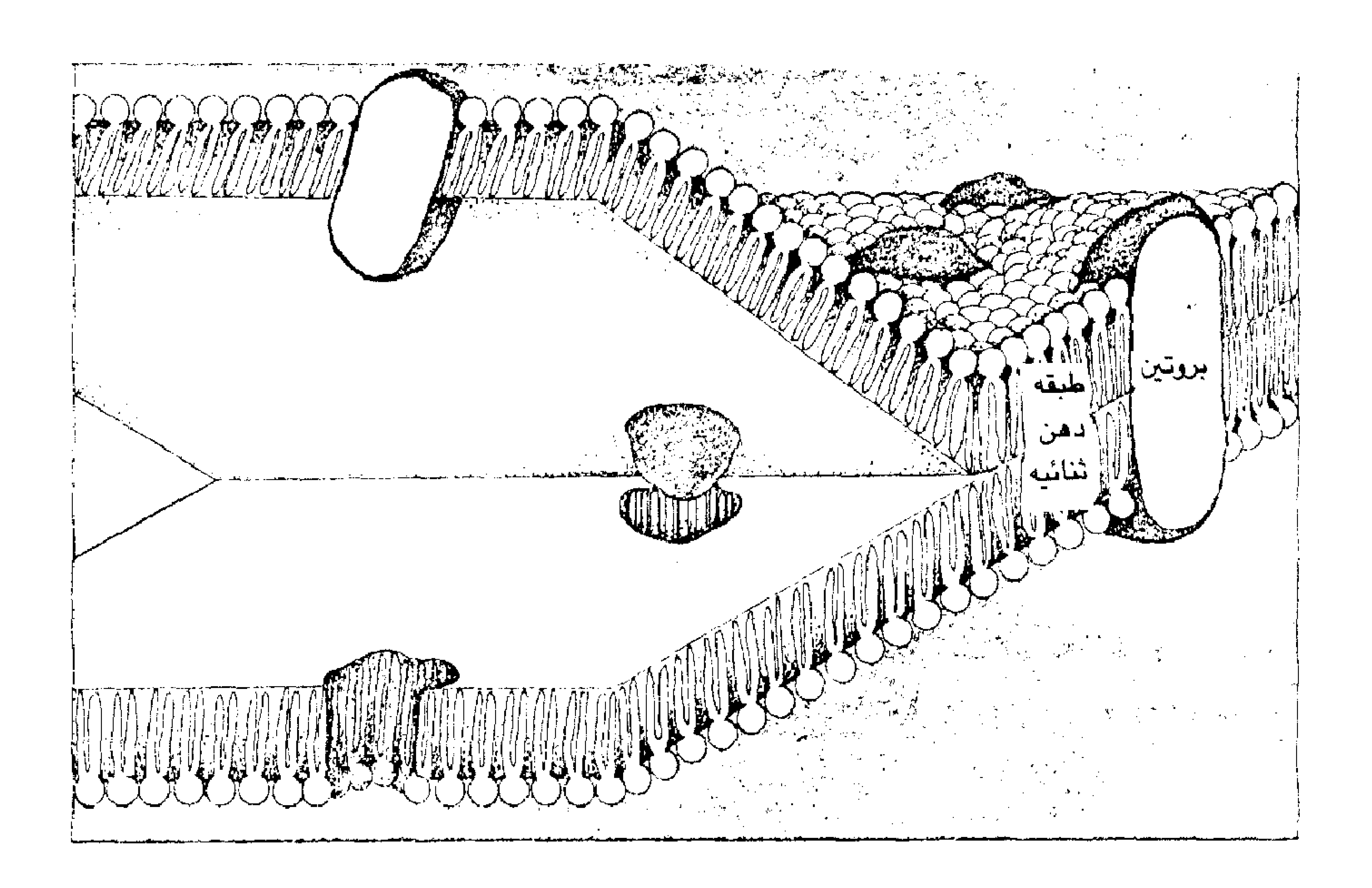
أ - الأغشيه السيتوبلازميه Cytoplasmic membrames

وهى اغشيه متناهيه فى الرقه ومزدوجه وتتميز بحيويتها وقدرتها على تحديد نوع وكميه الذائبات التى تمر الى داخل الخليه وخارجها حيث تنظم تبادل هذه الذائبات بين الخليه والوسط المحيط بها . ولهذه الخاصيه اهميه كبيرة حيث لا تسمح بخروج بعض المواد العضويه مثل السكريات والبروتينات الذائبه من داخل الخليه فى حين تسمح بدخول الماء والاملاح الذائبه بها للخليه . كما انها تسمح بدخول بعض الذائبات دون الأخرى .

ويتركب الغشاء البلازمى من طبقتين من البروتين يوجد بينها طبقه ثالثه دهنيه . ووجد أن طبقه البروتين تتكون من جزئيات بروتين منفصله . كما يتخلل طبقه الدهن جزئيات بروتين وطبقه الدهن تتكون من جزئيات دهن متراصه فى صفين بجانب بعضها البعض وكل جزء يتكون من جزء محب للماء قطبى وآخر غير قطبى كاره للماء وغير منتظم الشكل .

(**شكل ٥**) تركيب الغشاء البلازمى

والمسمى نموذج الفسيفساء السائل لسنجر ونيكولس



وأول هذه الاغشيه السيتوبلازميه بالخليه تعرف باسم البلازمالما Plasmalemma وهو يلى ويتلصق مباشره بالجدار الخلوى . وثانى هذه الاغشيه هو المحيط بالفجوه العصاريه بالخليه والذى يسمى تونوبلاست Tonoplast ويختلف الـ Tonoplast عن الـ Plasmalemma بزيادة نسبه الدهن وعليه فإن هناك بعض الذائبات يمكن مرورها فى البلازمالما ولا تمر خلال التونوبلاست ، والعكس صحيح ، ومن دلائل ذلك وجود طبقه الانثوسيانين بالفجوه العصاريه وعدم وجودها فى السيتوبلازم . وتقوم الاغشيه بهذا الفصل بعمل عزل بين التفاعلات الكميائيه المختلفه فى داخل الخليه .

ب - البلاستيدات Plastids

البلاستيدات جسيمات سيتوبلازميه حيه متخصصه وهى تختلف فى الشكل والحجم ويصل عددها احيانا الى ١٠٠ بلاستيدة فى الخليه وقد لا توجد بلاستيدات فى بعض النباتات كالنباتات الدنيئه (البكتريا وبعض الفطريات) وقد تحتوى الخليه الواحدة على بلاستيده واحده كما فى بعض انواع الطحالب .

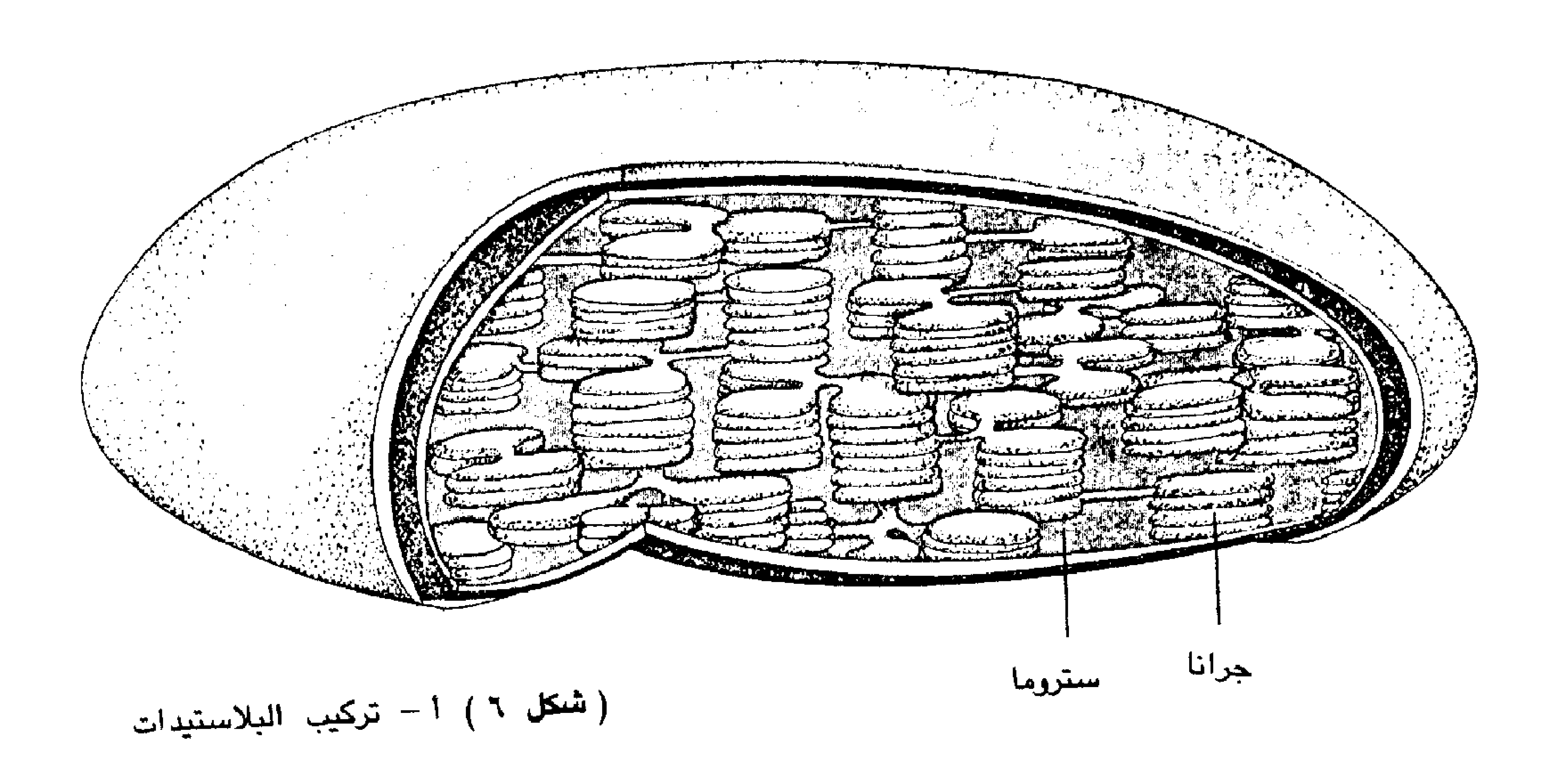
وتنشأ البلاستيدات من أجسام صغيره توجد فى خلايا الأنسجه الأنشائيه وتعرف باسم مبادىء البلاستيدات Proplastids أو تنشأ من انقسام البلاستيدات الى بلاستيدتين ومن انواع البلاستيدات .

البلاستيدات الخضراء : Chloroplastids

يرجع اللون الأخضر المميز للنباتات لوجود صبغات خضراء تعرف بالكلوروفيل Chlorophyll تتواجد فى البلاستيدات الخضراء . وتحتوى بجانب ذلك على العديد من الصبغات الآخرى مثل الكاروتنويدات Carotenoids بنوعيها الكاروتينات Carotenes والزانثوفيلات Xanthophylls وتتعدد انواع الكلوروفيلات فتصل الى اكثر من عشرة انواع وهى تمثل حوالى ٦٥٪ من جمله الصبغات بالبلاستيدات الخضراء والكاروتينات بنسبه ٦٪ والزانثوفيلات ٢٩٪ .

تركيب البلاستيدات الخضراء :

تحاط البلاستيده بغشاء سيتوبلازمى مزدوج يحوى بداخله مكونات البلاستيدات وتتمثل هذه المكونات فى سائل عديم اللون به بروتينات وانزيمات واحماض امينيه وحمض RNA هذا السائل يعرف باسم الحشوة Stroma بالاضافه الى الحشوة يوجد منغمس بها اقراص دقيقه محببه متراصه فوق بعضها كل قرص يسمى جرانم او بذيره granum ومجموعه البذيرات المتراصه تعرف باسم جرانا grana وقد تتصل بعض الجرانا بعضها بصفائح تعرف باسم صفائح بين البذيرات او



(**شكل ٦**) ا- تركيب البلاستيدات



ب - صوره بالمجهر الالكترونى للبلاستيدات

بين الجرانا Intergrana Lamellae وقد يطلق عليها اسم فريت Fret اما الجرانيم نفسها فتتكون من اغشيه تسمى ثيلاكويد Thylacoid وتحتوى الأغشيه بداخلها على بروتينات ودهون وصبغات الكلوروفيل والكاروتيونيدات .

وتقوم البلاستيدات الخضراء بتحويل الطاقه الضوئيه المستمده من الشمس الى طاقه كميائيه وينفرد الاكسچين داخل الجرانم بينما تنقل الطاقة الكميائية فى صورة مركبات غنيه بالطاقة الى الأستروما (الحشوه) حيث يتم اختزال ثانى اكسيد الكربون وتحويله الى مركبات كربوهيدراتيه .

البلاستيدات الملونه Chromoplastids

وهذه تحتوى على كاروتنويدات وهى مسئوله عن ظهور الالوان الحمراء والصفراء والبرتقالى . وهى التى تُكسب الكثير من الثمار والخضر وتبلات الازهار الوانها .

البلاستيدات عديمه اللون Leucoplasts

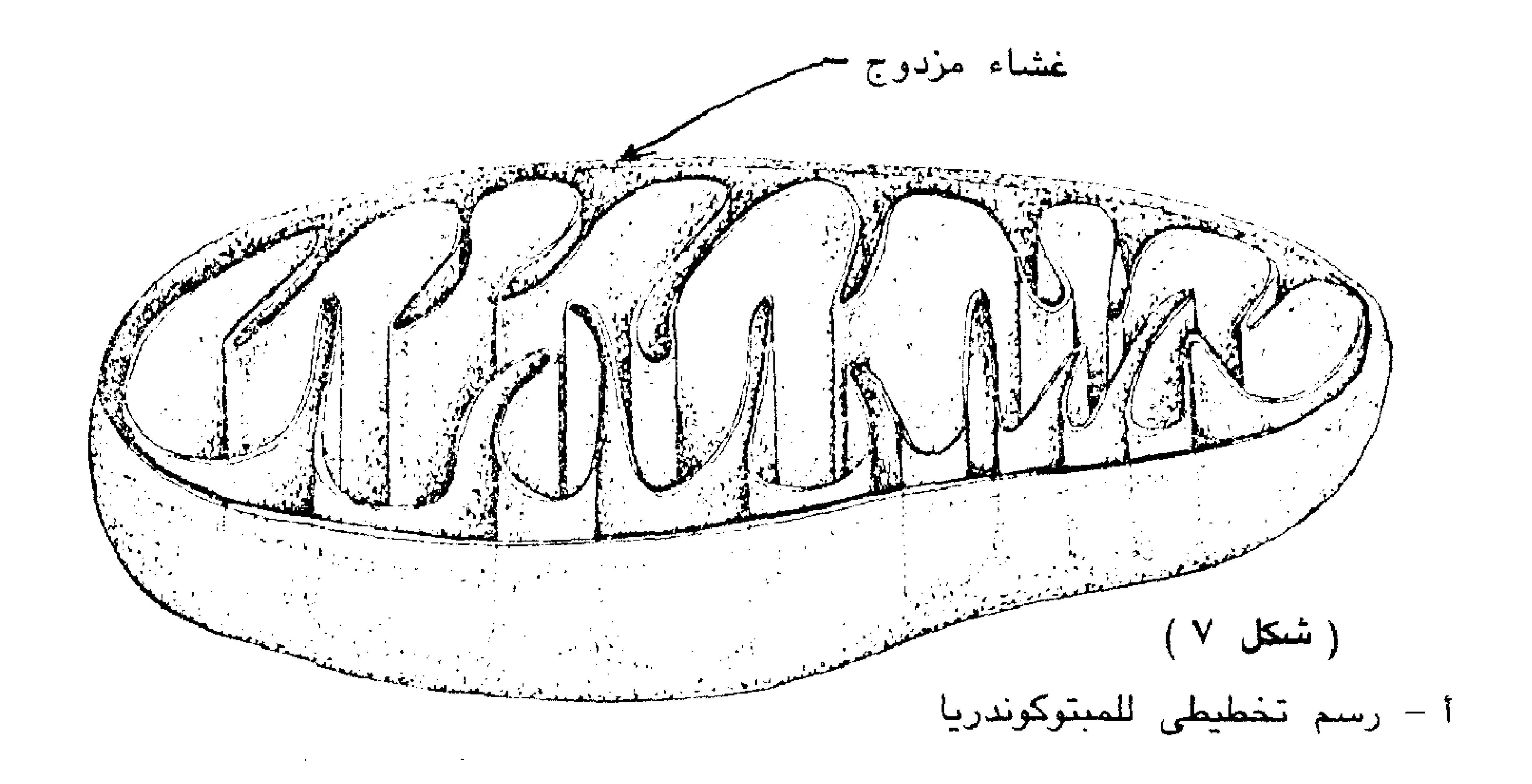
وهى كغيرها من البلاستيدات مختلفه الأشكال وبعض اشكالها المتطرفه عصويه . ومن مميزاتها أن تغير اشكالها يسير ولها علاقه وثيقه باختزان الطعام ومن البلاستيدات عديمه اللون نوع يختص بتكوين حبات النشا وآخرى ما يختص بتخزين الزيوت والمواد الدهنيه .

أن التحول الذى يحدث من نوع الى آخر كما يحدث عند تغير لون الثمار الأخضر الى الأحمر فى الطماطم وتحول لون البلاستيدات الغير ملونه فى درنات البطاطس الى بلاستيدات خضراء عند تعرضها للضوء . انما يدل ان الانواع المختلفه ذات طبيعه واحده .

جـ - الميتوكوندريا Mitochondria

اجسام حيه لها القدره على النمو والانقسام . توجد فى الخلايا الحيه النشطه كالخلايا الانشائيه وغيرها . وتضمحل وتختفى فى الأنابيب الغرباليه . تأخذ اشكالا واحجاماً مختلفه فمنها البيضاوى والكروى وذات الاشكال القضيبيه ويبلغ قطرها ما بين ٥ و - ١ ميكرون وطولها من ١ - ٢ ميكرون تقريبا .

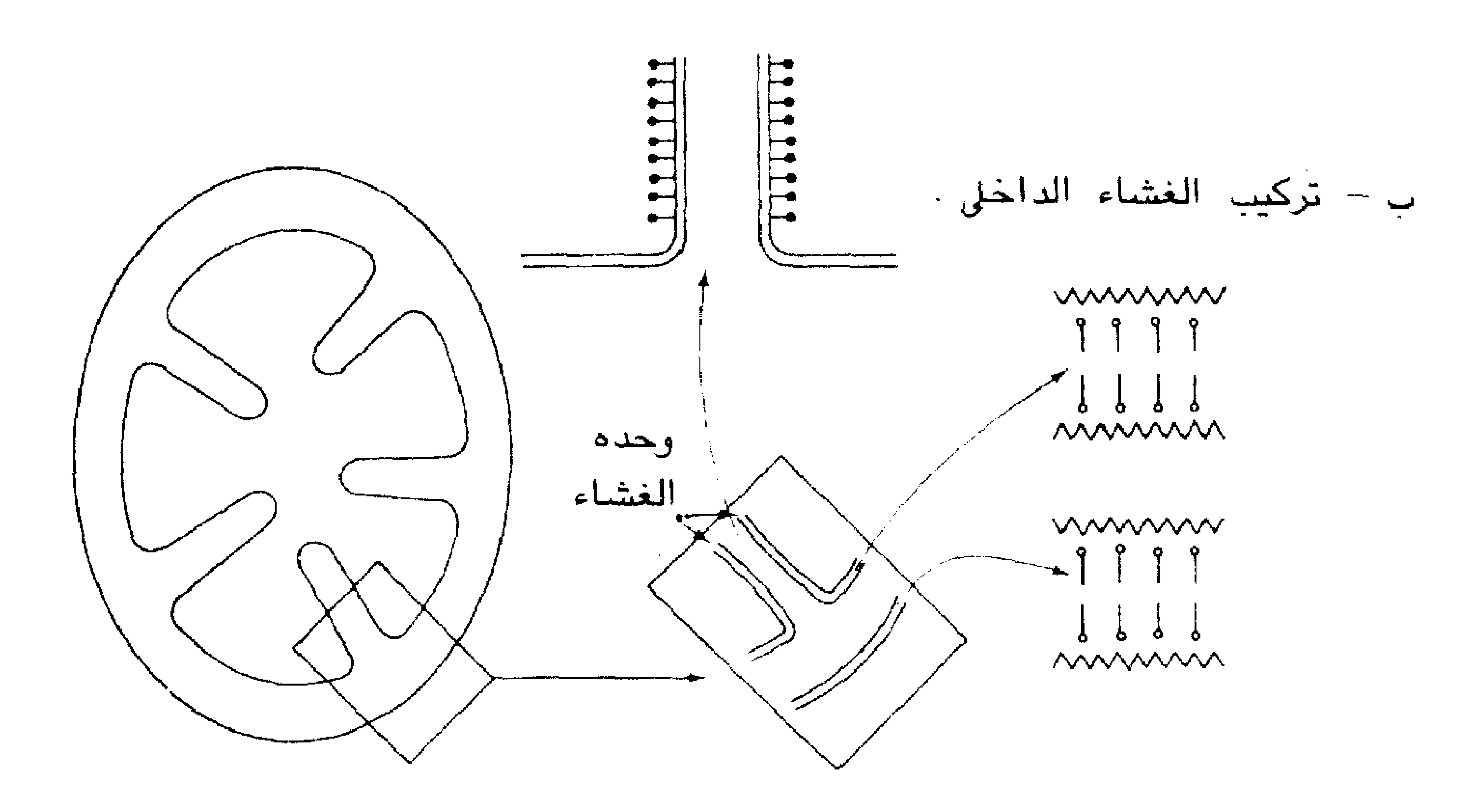
تتركب الميتوكوندريا كما تظهر تحت المجهر الالكترونى من غشاء مزدوج يفصل الميتوكوندريا الى حجرتين يتعرج الداخلى منه مكوناً ثنيات داخليه تختلف اطوالها واعدادها تبعاً للنشاط وتسمى اهداب او كريستا Cristae ويوجد على هذا الغشاء الداخلى الاف من جسيمات دقيقه يتكون كل منها من رأس كروى وساق اسطوانى



(شكل ٧)

أ – رسم تخطيطى للمبتوكوندريا

ب – تركيب الغشاء الداخلى .

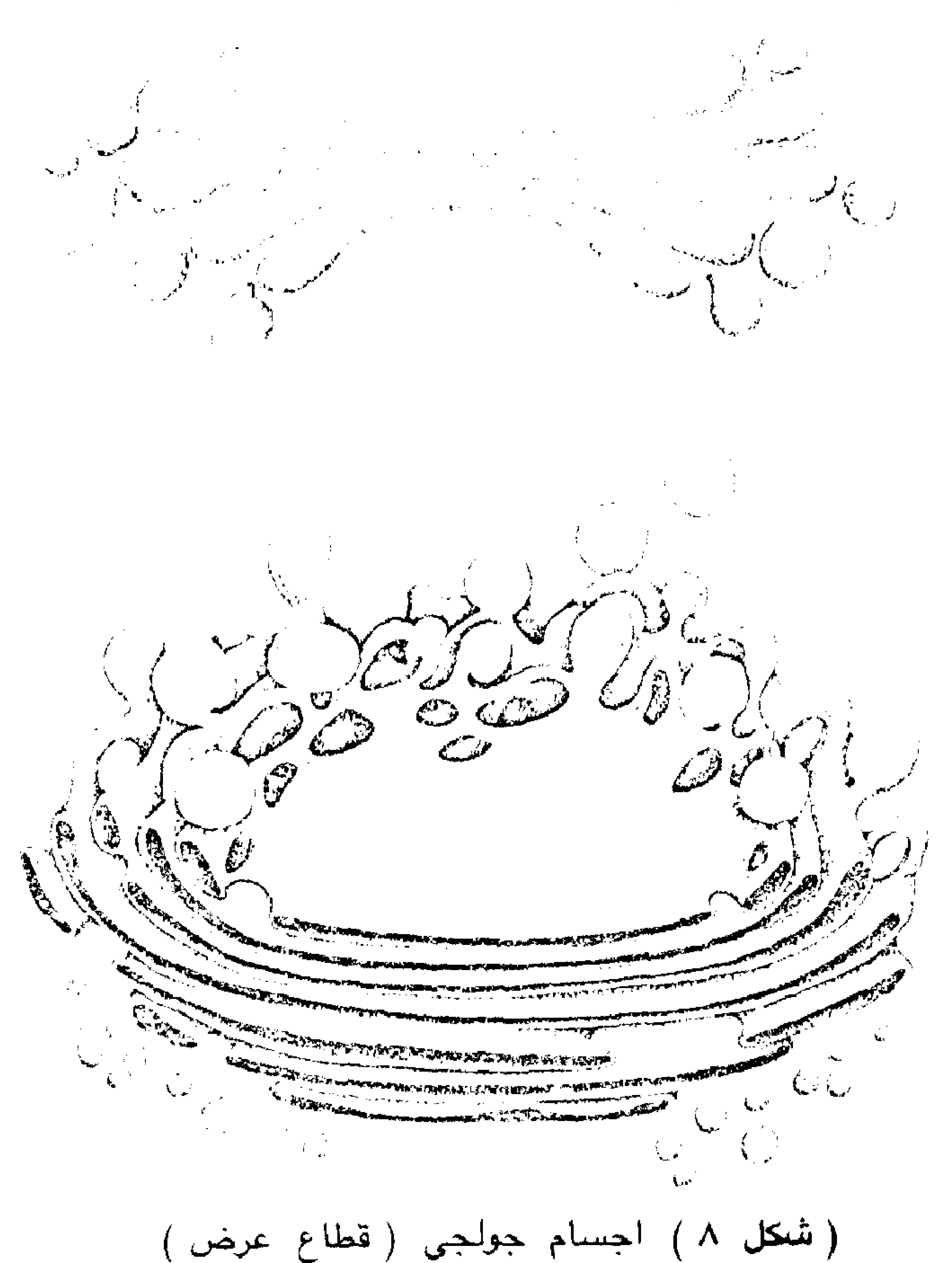


أجوف وقاعدة اسطوانيه متصله بالغشاء . ويضم الغشاء بروتينات ذائبه تملأ تجويف الميتوكوندريون وهذه البروتينات تعرف باسم الحشوة matrix ووجد به DNA , RNA ولقد تم عزل DNA من ميتوكوندريا الفول ووجد انها تختلف فى التركيب عن DNA الخاص بالنواه فى نفس الخليه . اما الغشاء موجد به ثقوب تصل قطر الواحد منها ٢٥ – ٣٠ انجستروم . وتقوم الميتوكوندريون بعمليه الأكسدة الهوائيه وانتاج الطاقه اللازمه لحياة الخليه ويطلق عليها أسم بيت الطاقه Powerhouse حيث تحتوى على بعض أو كل انزيمات التنفس (حسب نوع الخليه) .

كما تحتوى على انزيمات أخرى خاصه بإنتاج الطاقه واكسدة الاحماض الدهنيه وغيرها من الانزيمات .

د - اجسام چولجى او الديكتيوزمات Golgi Bodies or Dictyosomes

اجسام صغيره توجد فى السيتوبلازم على هيئه قضبان متراصه تسمى Cisterna ويوجد فى اطرافها انتفاخات او حويصلات تسمى Vesicles يتزايد حجمها بتقدم اجسام چولوچى فى العمر . يتكون جدارها من بروتين ودهون وتتماثل فى التركيب مع الغشاء البلازمى الخارجى وظيفه هذا الجهاز الأفراز ولذا يزداد عددها فى خلايا النبات المختصه بالأفراز كخلايا قلنسوه الجذر التى تعمل على تسهيل اختراق الجذر فى التربه بواسطه الافرازات الهلاميه .



(**شكل** ٨) اجسام جولجى (قطاع عرض)

هـ - الليسوسومات Lysosomes

اجسام شكلها غالباً كروى وحيه سيتوبلازميه تحتوى على انزيمات شرهه فى تحليل مكونات الخليه ويحيط بالليسوسومات غشاء سيتوبلازمى عند انفجاره تتحرر الانزيمات وتقوم بعملها فى تحليل المكونات الخلوية من بروتينات واحماض نوويه ومركبات فسفوريه وكبريتيه .

و - الريبوسومات Ribosomes

تتواجد على الشبكه الاندوبلازميه فى بعض المناطق جسيمات صغيره ذات قطر ١٧٠ - ٢٥٠ انجستروم كما توجد ايضا حره فى السيتوبلازم والنواه والبلاستيدات والميتوكوندريا ... وتتكون اساسا من الحمض النووى RNA والبروتين - وهى تعتبر اجهزه تكوين البروتينات من الأحماض الدهنيه . فى حين أن بناء الدهون من الأحماض الدهنيه والكحولات يتم فى الميتوكوندريا .

س - الشبكه الاندوبلازميه Endoplasmic Reticlum

وهى جهاز غشائى يتخلل السيتوبلازم واهداب هذه الشبكه عباره عن ازواج من الأغشيه السيتوبلازميه المتفرعه والمتخلله لسيتوبلازم الخليه . وقد تتصل هذه الشبكه بالغشاء النووى المزدوج . وهذه الاهداب أو الشبكه تنتفخ فى بعض المواضع من الخليه مكونه الفجوه العصاريه .

وتقوم الشبكه الاندوبلازميه بنقل البروتينات وربط الخلايا المجاوره ببعضها عن طريق مرورها خلال الثقوب الموجوده بالجدر الخلويه مكونه خيوط سيتوبلازميه تسمى بلازمودزماتا Plasmodesmata وتتواجد على الشبكه الاندوبلازميه فى بعض المواضع كما أسلفنا الريبوسومات وتسمى شبكه اندوبلازميه خشنه Rough Reticulum والمناطق الخاليه من الريبوسومات تسمى الشبكه الملساء Smoth Endoplasmic Reticulum. بالاضافة الى حملها للريبوسومات فانها تزيد من المسطح الداخلى للخليه وتقوم بنقل بعض المواد وتوصيل المعلومات والمنشطات والمثبطات من خليه الى آخرى وقد يكون لها دور فى بناء جدر الخلايا .

وامتدادات الشبكه الاندوبلازميه والمعروفه باسم بلازموديزماتا أو الشعيرات السيتوبلازميه تمر خلال ثقوب موجودة فى جدر الخلايا الأوليه والثانويه وترتبط بالبروتوبلاست فى الخلايا المجاوره وتُكون مجتمعاً اكبر يسمى السيمبلاست Symplast .

٢ - المواد الخامله **Ergastic substances**

وهى نواتج لعمليات التحول الغذائى ولهذا تظهر وتختفى فى فترات مختلفه من حياه الخليه وهى قد تكون زائده عن الحاجه فتخزن او عديمه الاهميه فيحتفظ بها النبات على صور مختلفه ونظرا لاهميه الفجوات العصاريه فستدرس مستقله عن بقيه المحتويات .

١ - الفجوات

وهي فراغات منتشره فى السيتوبلازم ممتلئه بالسائل الذى يعرف باسم العصير الخلوى وهو يختلف فى تركيبه من خليه لاخرى بل من فجوه لأخرى بنفس الخليه وهو عصير حامضى خفيف فقد تكون الفجوه ملونه او عديمه اللون ومن اهم مكوناتها : الغازات ، اكسچين ، وثانى اكسيد الكربون ، نيتروچين والاملاح المعدنية كالنترات والكبريتات والفوسفات وكلورات البوتاسيوم ، صوديوم ، كالسيوم ، الحديد والماغنسيوم والاحماض العضويه كالأكساليك والستريك والماليك والترتريك واملاحها كما يوجد سكريات مثل سكر العنب وسكر القصب وعديدات التسكر كالإنيولين ويوجد ايضا بروتينات وقلويات ومواد دهنيه وبعض الصبغات كالانثوسيانين واحيانا مواد مخاطيه .

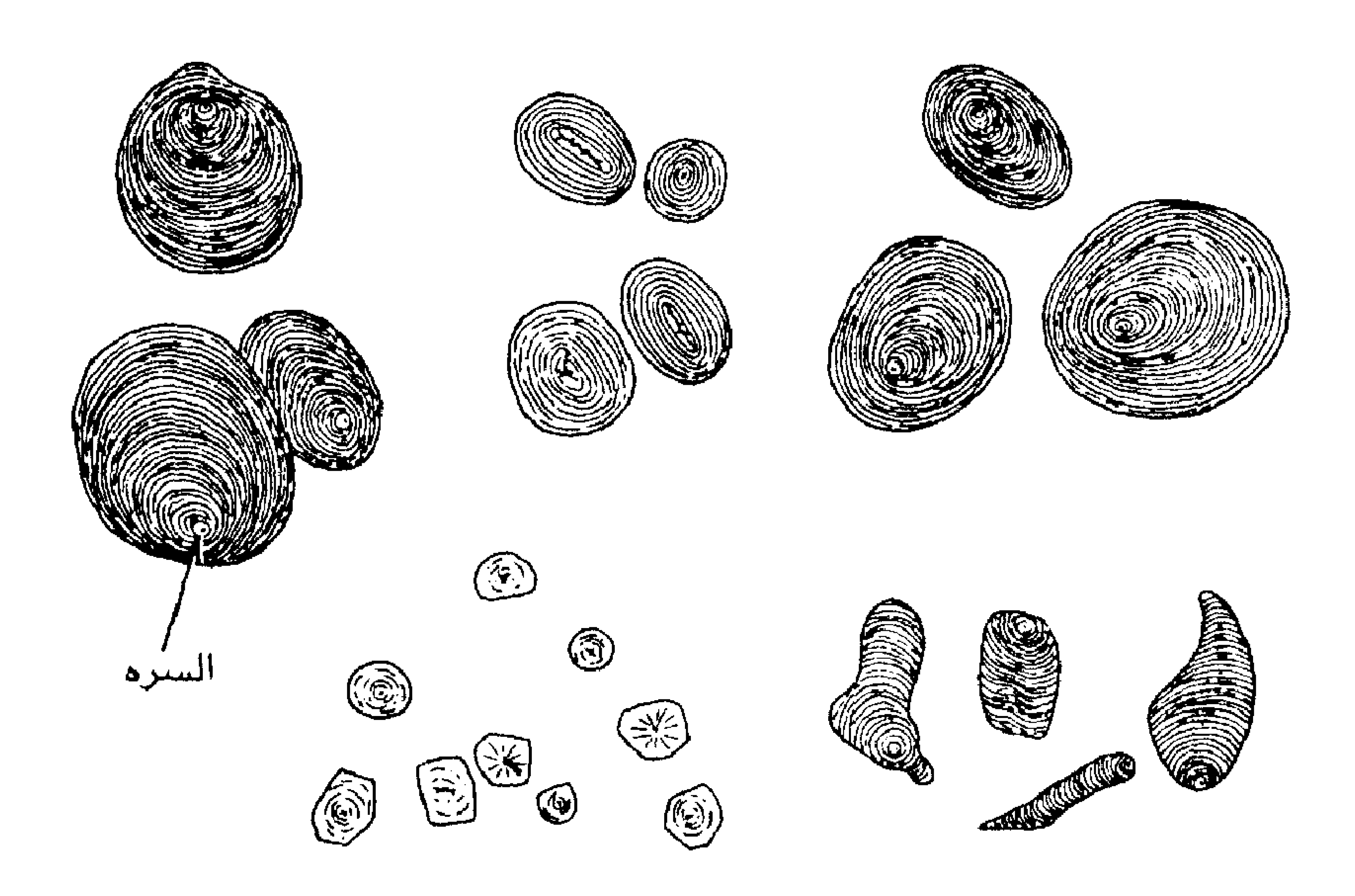
توجد الفجوات فى كل انواع الخلايا وتكون واحده فى الخلايا البالغه وعديده فى الخلايا الحديثه .

٢ - حبيبات النشا

تُتخذ حبيبات النشا وسيله لتميز انواع البذور والاجزاء النباتيه المختلفه لتباين اشكال الحبيبات وتركيبها ويوجد نوعان من النشا ، نشا انتقالى يتكون داخل البلاستيده الخضراء نهاراً ثم يتحول اثناء الليل الى سكر يستعمل جزء منه فى العمليات الحيه والتنفس والجزء الاخر ينتقل الى اعضاء التخزين حيث يتحول داخل البلاستيدات عديمه اللون الى حبيبات نشا اختزالى ويخزن النشا داخل البذور وبرانشيمه الانسجه الوعائيه الثانويه فى السوق والجذور والاعضاء المخزنه كالجذور اللحميه والدرنات ، الريزومات والكورمات .

تختلف اشكال حبيبات النشا فمنها القرصى والمستدير والبيض والعصوى وتظهر لامعه تحت المجهر وعند صبغ حبيبات نشا البطاطس باليود فإنها تظهر بيضيه الشكل واحد طرفيها ضيق والاخر عريض وهى مكونه من طبقات متميزه تختلف كل منها عما قبلها فى كثافتها وترتيب الطبقات حول نقطه تعرف بالسره Hilum وهى بعيده عن مركز الحبيبه او اقرب الى الطرف الضيق ولهذا فحبيبه النشا فى البطاطس من النوع اللامركزى واذا وجدت سرتان او اكثر فى بعض الحبيبات تعرف بالحبيبه المركبه .

فى نشا البقول والحبوب تكون السره فى مركز الحبيبه ولذا يطلق عليها حبيبه مركزيه ويختلف الامر فى البسله فتستطيل السره اما فى الفاصوليا فتخرج من السره شقوق قطريه بسبب زيادة الماء فى الطبقات المحيطه بالسره وقلته بعد الجفاف .

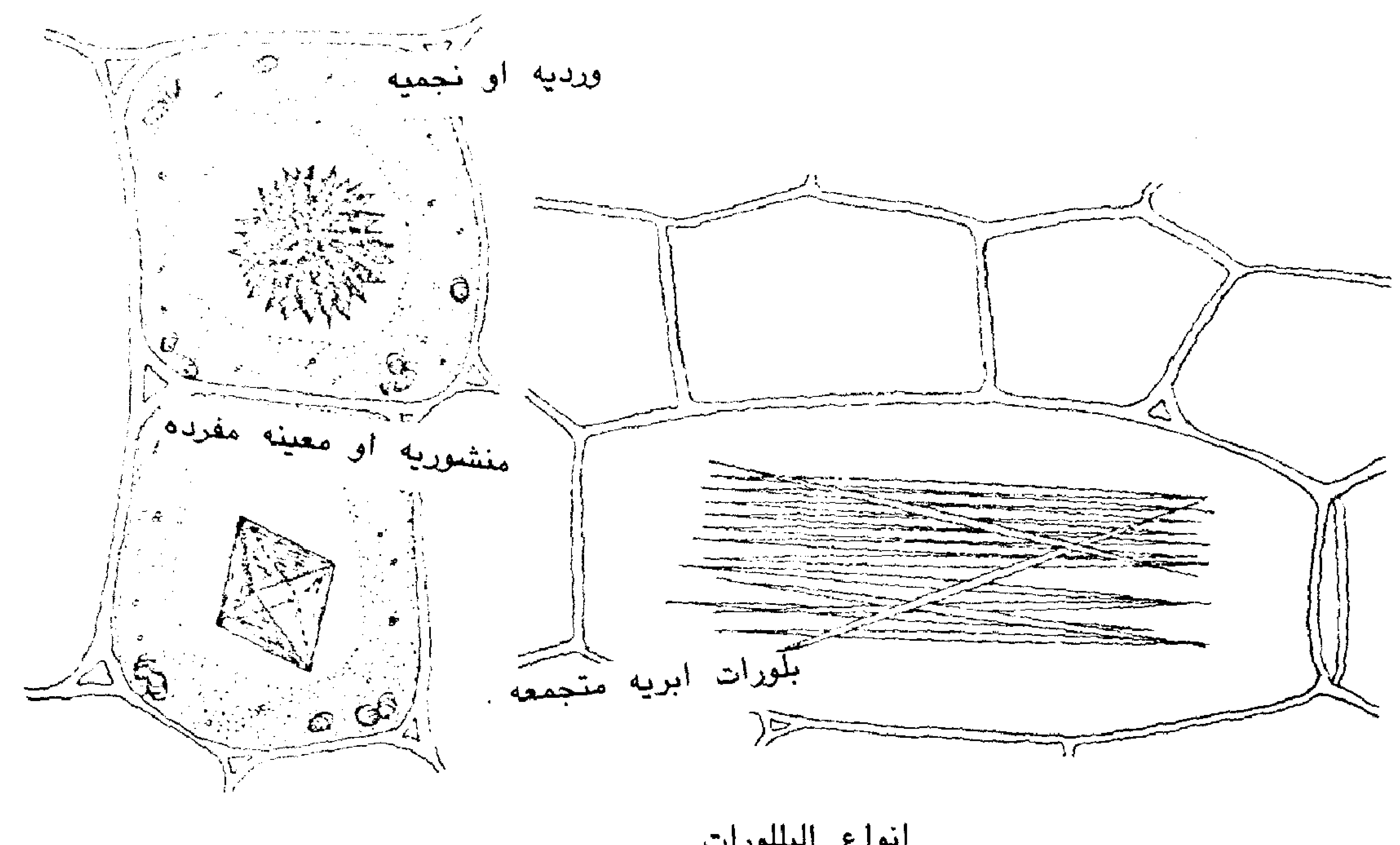


(**شكل ٩**) بعض اشكال حبيبات النشا لاحظ اختلاف موضع السره

٣ - البللورات

تتكون معظم البللورات من املاح الكالسيوم كربونات الكالسيوم - بللورات السيليكا اما بللورات الكالسيوم فتوجد فى مختلف الانسجه النباتيه وخاصه القشره - اللحاء - النخاع ولها اشكال عديده فقد تكون فرديه ذات شكل منشورى او هرمى مزدوجه الشكل كالمشاهد فى جنس الموالح والصنوبر واللبخ والدراسينا والخروع والفول السودانى او تكون فى مجاميع كل منها فى خليه على هيئه بللورات صغيره تتحد مع بعضها لتكون بللورات مركبه تعرف بالبللورات النجميه او الورديه كما توجد فى سوق اجناس القطن والبطاطا والحميض والعليق والاراليا .

وقد تأخذ البللورات شكلاً مستطيلا ابريا يتجمع فى حزم تعرف بالرافيدات كالموجوده فى الدراسينا والحى علم اما بللورات كربونات الكالسيوم فهى تشكل ما يعرف بالحويصلات الحجريه حيث توجد على هيئه اجسام صلبه فى بعض خلايا البشره المتضاعفه كما فى اوراق نباتى مطاط الهند Ficus elastic والتين Ficus carica وفى هذه الحاله تكبر وتتسع بعض خلايا الطبقه السطحيه وتمتد الى داخل نسيج الورقه العمادى ويتدلى من جدرها الماسيه الخارجيه اعناق طويله تترسب عليها بللورات من كربونات الكالسيوم وهذه البللورات يندر وجودها فى النباتات عموما والنوع الثالث هو بللورات السيليكا حيث تترسب املاحها فى جدر الخلايا او تجاويفها كالموجوده فى اوراق وسوق الفصيله النجيليه كالقصب والارز .



انواع البللورات

٤ - البروتينات

توجد البروتينات مخزنه فى صورة سائله فى العصير الخلوى او صلبه متبلوره او غير متبلوره تعرف المتبلوره منها بحبيبات الأليرون Aleurone grains وتوجد فى البذور الزيتيه كالخروع او درنات البطاطس والحبيبات الغير متبلوره فمن اهمها ما يعرف بالجلوتين glutin وتوجد مختلطه بحبيبات النشا فى اندوسبرم القمح .

٥ - الدهون

تختزن الدهون والزيوت على هيئه قطرات صغيره الحجم متفرقه فى السيتوبلازم او فى كتل كبيره وتوجد الزيوت فى الاجنه كجنين الذره والاوراق كالموالح والعطر والنعناع وقد توجد فى القلف كالقرفه والثمار كالينسون والكراويا او توجد فى بتلات الازهار كالورد والفل والياسمين وفى هذه الحاله تكون زيوت طياره .

المحاليل Solution

دراسة خواص وانواع المحاليل المختلفة ، من الموضوعات الهامة لدارس علم النبات ، حتى يتسنى فهم كثير من العمليات الفسيولوچية ، وذلك لان محتويات الخلية النباتية ، توجد فى وسط مائى على هيئة محاليل ، كذلك فإن السيتوبلازم عبارة عن نوع من المحاليل يطلق عليه المحاليل الغروية .

انواع المحاليل Types of Solution

تنقسم المحاليل بالنسبة الى حالة وجود المادة الذائية فى المادة المذيبه ، وعلاقه كل منهما بالآخر إلى : -

١ - المحاليل الحقيقية True Solutions

فيها تتجزأ المادة فى السائل إلى جزئيات ، أو الى ايونات فى اغلب الأحيان . وتكون الوحدات التى تتجزأ اليها المادة من الدقة بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ولا بأية وسيله أخرى ، لان قطر هذه الوحدات لايتعدى ١ \ مليون من المللميتر أى . 1m$\mu\mu$ واحد . وتعطى محلولا متجانساً ، حيث تظل المادة منتثره بين جزئيات المذيب . ومن امثلتها محلول سكر القصب فى الماء ومحلول كلوريد الصوديوم فى الماء .

٢ - المعلقات Suspensions

وهناك تتأثر المادة بالسائل عند خلطها ، مثلما يحدث عند وضع الرمل فى الماء ، فان الرمل سرعان ما يرسب ، وتكون الوحدات التى تتجزأ اليها المادة من الكبر بحيث يمكن رؤيتها بالمجهر . ويقدر قطر الوحدات بأكثر من ٢٠٠ ملليميكرون .

٣ - المحاليل الغروية Colloidal Solutions

تتجزأ المادة فيها الى وحدات تقع وسطاً بين حجم دقائق المحاليل الحقيقية والمعلقات ، أى أنها أكبر من واحد ملليميكرون وأصغر ٢٠٠ ملليميكرون ، وتظل وحداتها منتثره فى محاليلها ولا تترسب أبداً من تلقاء نفسها ، كما انها من الصغر بحيث لا يمكن رؤيتها بالميكروسكوب ، الا أنه يمكن مشاهدة خواصها الضوئية بطرق خاصه . ومن أمثله المحاليل الغروية محلول الجيلاتين فى الماء ومحلول ايدروكسيد الحديديك الغروى .

اشكال الحالة الغروية : Different Colloidal System

توجد الحالات الغروية فى الطبيعة فى عده أشكال بأختلاف نوع المادة المنتشره فى وسط الأنتشار ، والذى يهمنا من هذه الحالات ، حالتى الـ Sol ، والـ Gel اذ أنهما توجدان مختلطتين ببعض المستحلبات فى الخلية النباتية . وتنقسم حال الـ Sol الغروية الى نوعين : -

١ - غرويات كارهه لوسط الأنتشار Lyophobic Collids

حيث لا توجد قابلية بين دقائقها اووحداتها المنتشره المعدنيه وبين دقائق وسط الأنتشار . واذا كان وسط الانتشار هو الماء سميت كارهه للماء Hydrophobic collids وتحمل دقائقها شحنات كهربائية من نوع واحد ، وهذا هو سبب بقائها منتشره فى وسط الأنتشار دون أن ترسب . ومن امثلتها ايدروكسيد الحديديك الغروى .

٢ - الغرويات المحبه لوسط الأنتشار Lyophilic Collids

حيث توجد قابلية كبيرة من دقائقها المنتشره (وتكون غير معدنية) وبين دقائق وسط الأنتشار ، وتسمى أيضا بالمستحلبات Emulsoids ومن امثلتها محلول الچيلاتين والأجار والنشا والصمغ والغراء وزلال البيض والبرتوبلازم . ودرجه لزوجة هذه المحاليل اكبر بوجه عام من درجه لزوجة وسط الأنتشار .

ويتغير قوام الغرويات المحبه لوسط الأنتشار من السيولة الى الصلابة وبالعكس بتغير درجة الحرارة وتركيز وسط الأنتشار وغيرهما من العوامل . فاذا وضع محلول غروى من هذا النوع كمحلول الچيلاتين أو الغراء فى أنبوبه وسط مخلوط مبرد تصلب الى قوام رجراج يعرف بالـGel فاذا أعيد تسخينه تحول الى محلول غروى سائل ويسمى بالـSol وتسمى ظاهرة التجمد والسيولة بظاهرة انعكاس الأطوار .

ويسمى هذا النوع من انعكاس الأطوار بانعكاس الأطوار الكامل . الا ان هناك نوعاً أخر منه يسمى بانعكاس الأطوار الناقص . فمثلا زلال البيض يتجمد بالتسخين ولا يعود الى السيوله بالتبريد ولذلك يسمى تجمد زلال البيض " تجمعاً " Coagulation لاختلاف العملية عن عملية تجمد محلول الچيلاتين بالتبريد التى تسمى " تجمداً " Gellation .

ومادة البرتوبلازم تمثل حالة غروية من نوع زلال البيض وهى تتجمع عند درجه حرارة اقل من تلك التى يتجمع عندها زلال البيض (حوالى ٥٠مْ) .

ومن خصائص الغرويات المتصلبه Gels ميلها للتشرب بكميات كبيرة من الماء . ويعتبر الچيلاثين مثلاً واضحاً لاثبات هذه الظاهرة ويشترك مع الچيلاثين فى ظاهرة التشرب Imbibition الخشب وحبيبات النشا .

بعض الخواص العامه للغرويات :

(١) الأنتشار خلال الأغشية Diffusibility through membranes

المحاليل الغروية لا تنفذ دقائقها الغروية خلال الأغشية الشبه منفذه مثل اغشية السيلوفان والكلوديون وأوراق الترشيح ، ويرجع ذلك الى كبر حجم وحداتها بالنسبة الى فتحات أو ثقوب الغشاء . بينما بعض المحاليل الحقيقية يمكن لدقائقها النفاذية خلال مثل هذه الأغشية ، وتستخدم هذه الظاهرة لفصل مخلوط من محلولين احدهما غروى والآخر حقيقى : وتسمى هذه العملية بعملية الفصل الغشائى Dialysis .

(٢) ظاهر تندال Tyndall phenomemon

هى أحدى الظواهر الضوئية التى تستخدم للتفرقه بين المحلول الغروى والحقيقى ، وذلك بامرار شعاع ضوئى خلال محلول حقيقى فانه لا يمكن رؤيه مسار الشعاع الضوئى فى المحلول ، اما فى المحلول الغروى فانه يمكن رؤية مسار الشعاع الضوئى بالعين المجردة . وتفسير ذلك انه عندما تصطدم أشعه الضوء بالدقائق الغروية فإن الأشعه تتبعثر Scattering وتستقطب (حيود) (Diffraction) ، وهذا ما يعبر عنه بظاهره تندال .

(٣) الشحنات الكهربائية Electric charges

دقائق الغرويات ، من خواصها أنها تحتفظ حولها بشحنات كهربائية من نوع واحد ، وهذه الشحنات اما موجه او سالبه على حسب حاله المحلول ، وتعزى ظاهرة وجود الشحنات الكهربائية الى نشاط اسطح الدقائق حيث تكتسب عامة الشحنه نتيجه لحدوث تجمع سطحى لايونات الايدروچين او الايدروكسيل للماء أو حدوث تأين للاملاح الالكتروليتيه الموجوده كشوائب فى الدقائق المنتشره .

ووجود هذه الشحنات من نوع واحد حول كل دقيقه غروية يعمل على تنافر هذه الدقائق عن بعضها وهذا يعمل على عدم تجمعها وترسيبها .

(٤) التجمع السطحى Adsorpition

من المعروف أنه عند تفتيت أى مادة ، تزداد الأسطح الناتجه من هذا التفتيت بالنسبه لوزن المادة المفتته . فاذا وصلت نسبه هذه الزيادة الى حد معين فإن اسطح دقائق المادة المفتته تكتسب شحنا كهربائية ، كما أنها تكتسب قوه جذب مواد آخرى تجمعها على أسطحها . وتسمى هذه الحالة بالادمصاص أو التجمع السطحى Adsorption .

ولخاصية التجمع السطحى أثر كبير فى حياتنا الأقتصادية ، اذ تستعمل فى ترويق المحاليل الملونه . فاذا خلط محلول ملون خلطاً جيداً بمسحوق الفحم الحيوانى ورشح الخليط فإن المترشح يبدو رائقاً عديم اللون . وقد استخدمت هذه الظاهره فى ترويق المحاليل السكرية التى يحضر منها السكر . كما أن من خصائص الفحم الحيوانى أمتصاص الغازات بنفس النظرية ، لذلك يستعمل فى ملء الكمامات . كما ان كثيراً من عمليات الزراعة والصباغة تتوقف على خاصية التجمع السطحى .

بسم الله الرحمن الرحيم

الأزموزية أو الأنتشار الغشائى للسوائل

Osmosis

ظاهرة الأزموزية تدخل ضمن عمليات انتشار السوائل ، كما انها تعتبر أكثر هذه العمليات شيوعاً ، ولتفسير العلاقات المائية للخلايا النباتية والأنسجة ، يلزمنا فهم ديناميكية هذه العملية . وأول من لاحظ ظاهرة الأزموزية Abbe Nollet عام ١٨٨٤ عندما ملأ مثانة خنزير بالكحول ، ثم ربط فوهتها والقاها فى الماء فلاحظ انتفاخها بدرجة كبيره قاربت الأنفجار . وعندما اعاد التجربة بطريقة معكوسة بأن ملأ المثانة بالماء ثم وضعها بعد ربطها فى الحكول انكمشت المثانة بدرجة كبيرة . ثم قام Dmtrochet باجراء تجاربة على الأزموزية فلاحظ عندما ملأ المثانة بمحلول ملحى او سكرى ووضعها فى الماء ، أن الماء ينتقل من الوسط الخارجى (الماء النقى) بمعدل اسرع من انتقاله من الداخل (المحلول الملحى أو السكرى) وترتب على ذلك ازدياد حجم المحلول فى المثانة محدثاً ضغطاً على الجدر الداخلية لها . وحيث ان هذا الضغط نشأ عن دخول الماء الى المحلول فقد أطلق عليه «الضغط الأزموزى للمحلول»

ومما يجب ملاحظته ان الأزموزية لايمكن مشاهدتها الا اذا كان الكيس من الأغشية التى تنفذ المذيب بدرجة اكبر من المادة الذائبة .

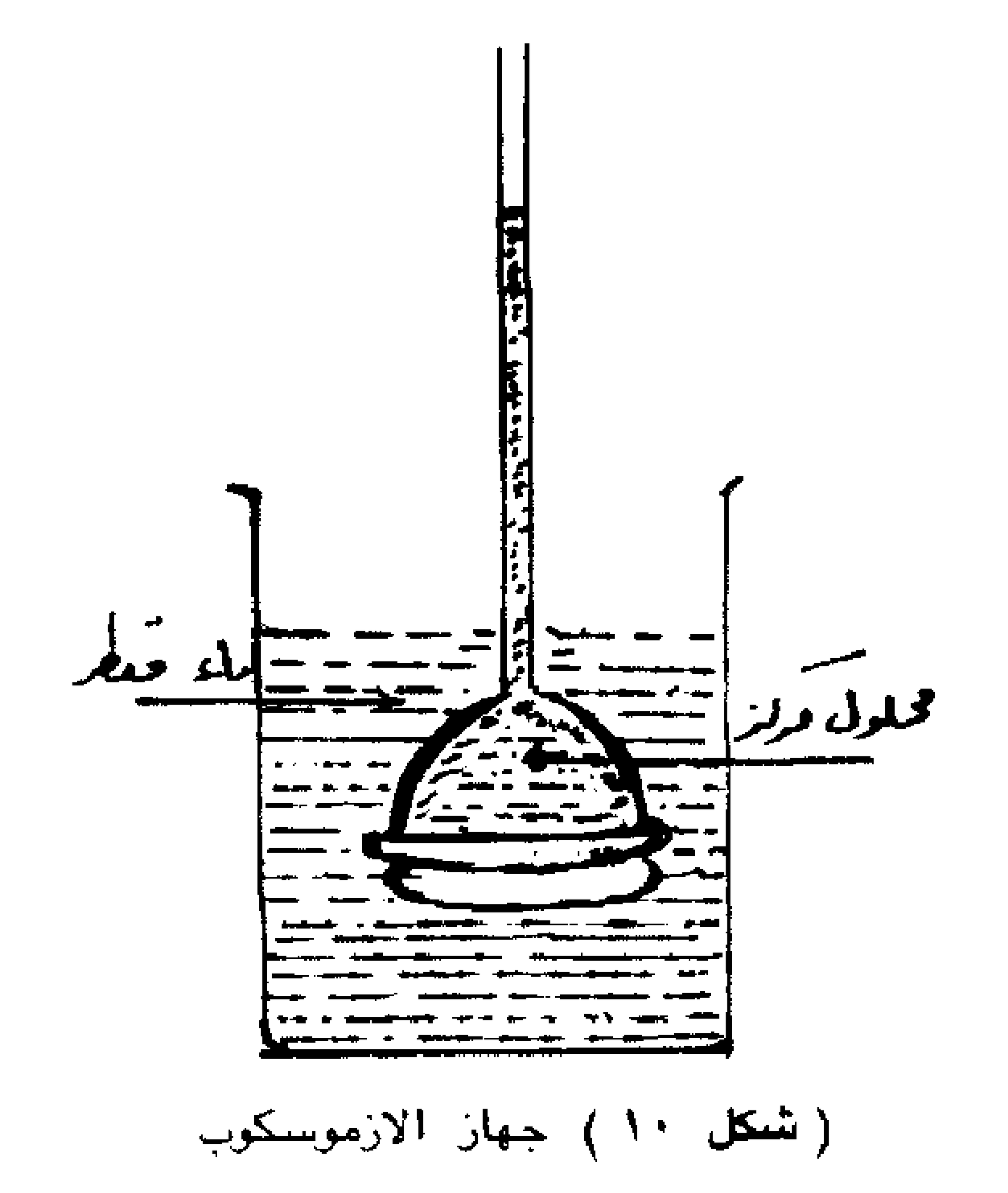
* نفاذية الأغشية Permeablity of Membrames

فى العادة ، تنشأ المظاهر المميزه للأزموزية اذا قورنت بغيرها من العمليات ، نتيجة لوجود الغشاء ذى النفاذيه التفاوتية ، واذا ذكرت النفاذية ذكر معها الغشاء اذ لايمكن فصل أحدهما عن الأخر ، وتعتبر النفوذية خاصية من خواص الغشاء ، وليست من خواص المادة التى تنتشر خلاله .

والأغشية بالنسبة الى قابلية انفاذها للمواد تتقسم الى ثلاثة أقسام :ـ

(ا) اذا سمح الغشاء لجزئيات المادة الذائبة والمذيب بالنفاذ خلاله سمى الغشاء شبه Semi- Permeable membrame ومنها ماهو طبيعى كالمثانة الحيوانية وجدر الخلية ، ومنها ماهو صناعى كورق السيلوفان والبارشمنت وغشاء الكلوديون .

ولايجب عند وصف الغشاء ذكر نوع نفاذيته فقط ، فقد يكون الغشاء غير منفذ لمادة ولكنه منفذ لمادة آخرى . لذلك يجب عند وصف نفاذية الغشاء ذكر نوع المادة التى ينفذها .



(شكل ١٠) جهاز الازموسكوب

وأبسط الأجهزة التى تستعمل لقياس الأزموزية قمع ثيسل المعروف Thistel- Funnel ذو الساق الطويلة بعد ان يربط على فوهته قطعة من ورق السيلوفان ربطاً محكماً (شكل) . وهناك أيضا كيس الكلوديون ويستخدم فى عمل الأزموسكوب Osmoscope بأن يملأ الكيس بمحلول ملحى اوسكرى ويغمر فى الماء بحيث يتساوى سطح المحلول فى الداخل مع سطح الماء فى الخارج بعد أن يكون قد ربط على فوهه الكيس أنبوبة زجاجية مفتوحه ثم يترك الكيس بعض الوقت فيشاهد ارتفاع السائل تدريجيا فى الساق الزجاجية حتى يأتى الوقت الذى يمتنع فيه السائل عن الارتفاع عندئذ يكون قد حدث الأتزان ويكون ثقل عمود السائل قد ضغط على سطح الغشاء الداخلى بقوة تساوى القوة التى يدخل بها الماء من الخارج وهى قوة الضغط الأزموزى للمحلول . ويلاحظ أن هذه الأغشية ليست شبه منفذه تماماً لأنه اذا تركت التجربة بعض الوقت فإن عمود الماء يهبط ثانية ، وذلك لنفاذ المادة المذابة ببطء خلال الغشاء الى الماء الخارجى .

وأحسن الأغشية شبه المنفذه هو المصنوع من مادة الحديد وسيانور النحاس لأنه يمنع السكريات والأملاح منعاً باتاً من النفاذ خلاله ، ويحضر بتفاعل حديد وسيانور البوتاسيوم مع محلول كبريتات النحاس . والعيب الوحيد فى الغشاء هو سهولة كسره وعدم تحمله الضغوط الأزموزية العالية . ولكن أمكن التغلب على هذه الصعوبة بترسيب هذا الغشاء فى مسام إناء خزفى خاص . ويملأ بالمحلول المراد قياس ضغطه الأزموزى وليكن محلولا سكرياً مثلا ، ثم تسد فوهه الوعاء بسداد محكم من المطاط تخترقه أنبوبة زجاجية ، فاذا وضع الوعاء فى ماء نقى فإن الماء ينفذ الى داخل الوعاء بمعدل اسرع من خروجه ، ويستمر الارتفاع فى ساق القمع الى ان يصل الى نقطة يظل عندها ارتفاعه ثابتاً لمده أيام وعندئذ يكون ضغط عمود السائل مساوياً للضغط الأزموزى لهذا المحلول السكرى المحضر . وقد تمكن Pfeffer بهذا الجهاز اثبات أن الضغط الأزموزى لاى محلول يتناسب طردياً مع درجة تركيزه وعلى انه اذا وضع ثقل معادل لقوة الضغط الازموزى للمحلول السكرى المستعمل فوق سطح السائل فى الانبوبة المتصلة بالوعاء الخزفى فإن هذا الثقل يمنع ارتفاع السائل فى الأنبوبة الزجاجية . وعلى ضوء هذه التجربة يمكن تعريف الضغط الازموزى بأنه الضغط اللازم تسليطه على محلول ذى تركيز ما لمنع ازديادة فى الحجم نتيجة انتقال الماء اليه .

وحيث ان الضغط الأزموزى يتوقف على عدد الدقائق الموجودة فى حجم معين من المحلول فإن الضغط الازموزى للمحلول الغروى يكون اقل من الضغط الأزموزى للمحلول الحقيقى من سكر القصب بفرض تساوى درجة تركيز المحلولين السابقين . كذلك فإن الضغط الازموزى للمحلول السكرى تكون اقل منها فى حاله محلول كلوريد الصوديوم بفرض تساوى تركيزهما كذلك .

وتفسير ذلك أنه فى حالة المحلول الغروى تتركب دقائقه من تجمع عدد كبير من جزئيات المادة . فلو فرضنا أن عدد جزئيات المحلول كانت ١٠٠ جزىء قبل ان يكون غروياً . وانه لكى يكون غروياً يجب ان تتجمع كل عشرة جزئيات لتصبح دقيقه غروية واحدة ، فإن المحلول الغروى الناتج يحتوى على ١٠ دقائق فى حين أن المحلول السكرى لم يزل يحتوى على ١٠٠ جزىء لان له نفس التركيز . أما فى حالة محلول كلوريد الصوديوم ، فنظراً لانه محلول الكتروليتى فإن جزئياته لاتبقى على حالتها الطبيعية كما فى محلول السكر بل تتأين فى المحلول ويكون التأين بمعدل ٧٥٪ وبذلك يصبح عدد الدقائق فى محلول كلوريد الصوديوم المساوى للمحلولين السابقين فى التركيز ١٧٥ دقيقة . وهذا هو السبب فى ارتفاع قيمة الضغط الازموزى للمحاليل الحقيقية المتأينة عن المحاليل الأخرى غير المتأينه أو الغروية .

الخلية النباتية وعلاقتها بالماء

Water Relation in the Plant Cell

اهمية الماء للنبات : ـ

الماء هو احد المكونات الأساسية للخلية النباتية لانه اساسى فى تكوين البروتوبلازم وهو المادة الحية الأساسية فى جميع الكائنات الحية وتتضح أهميته من دراسة النقط التالية : ـ

١ ـ الدقائق الغروية التى يتكون منها البرتوبلازم تنتشر فى الماء فاذا أنعدم الماء جف البروتوبلازم ووقفت جميع العمليات الحيوية والكيميائية التى تنتج عنها ظاهرة الحياة .

٢ ـ يدخل الماء فى تركيب جسم النبات بنسب مختلفة فقد تصل الى ٩٥٪ من الوزن الرطب Fresh weight فى الأجزاء الغضة العصارية . وفى اجزاء التخزين كالسوق والجذور الدرنية ٦٥ ـ ٧٠٪ . وفى الأجزاء الخشبية من ٤٥ ـ ٥٠٪ . أما فى البذور الجافة فلا تتعدى نسبته ١٢٪ .

٣ ـ يتحد الماء مع ثانى اكسيد الكربون فى وجود المادة الخضراء وبمساعده الطاقة المستمده من ضوء الشمس ليبنى النبات المركبات الكربرهيدراتية .

٤ ـ الماء ضرورى لاتمام كثير من العمليات الكيميائية التى تحدث داخل الخلية والتى تقوم بها الاتزيمات .

٥ ـ الماء هو الوسيط الوحيد الذى تذاب فيه الأملاح التى يمتصها النبات لأستعمالها فى بناء جسمه .

٦ ـ تحتاج الأجزاء الغضة الحديثة الخاليه من الأنسجة الدعامية كأطراف السيقان والجذور الحديثة للماء ، حيث اذا ما دخل الى خلاياها امتلأت فجواتها العصارية وتزندت واستقامت جدرها .

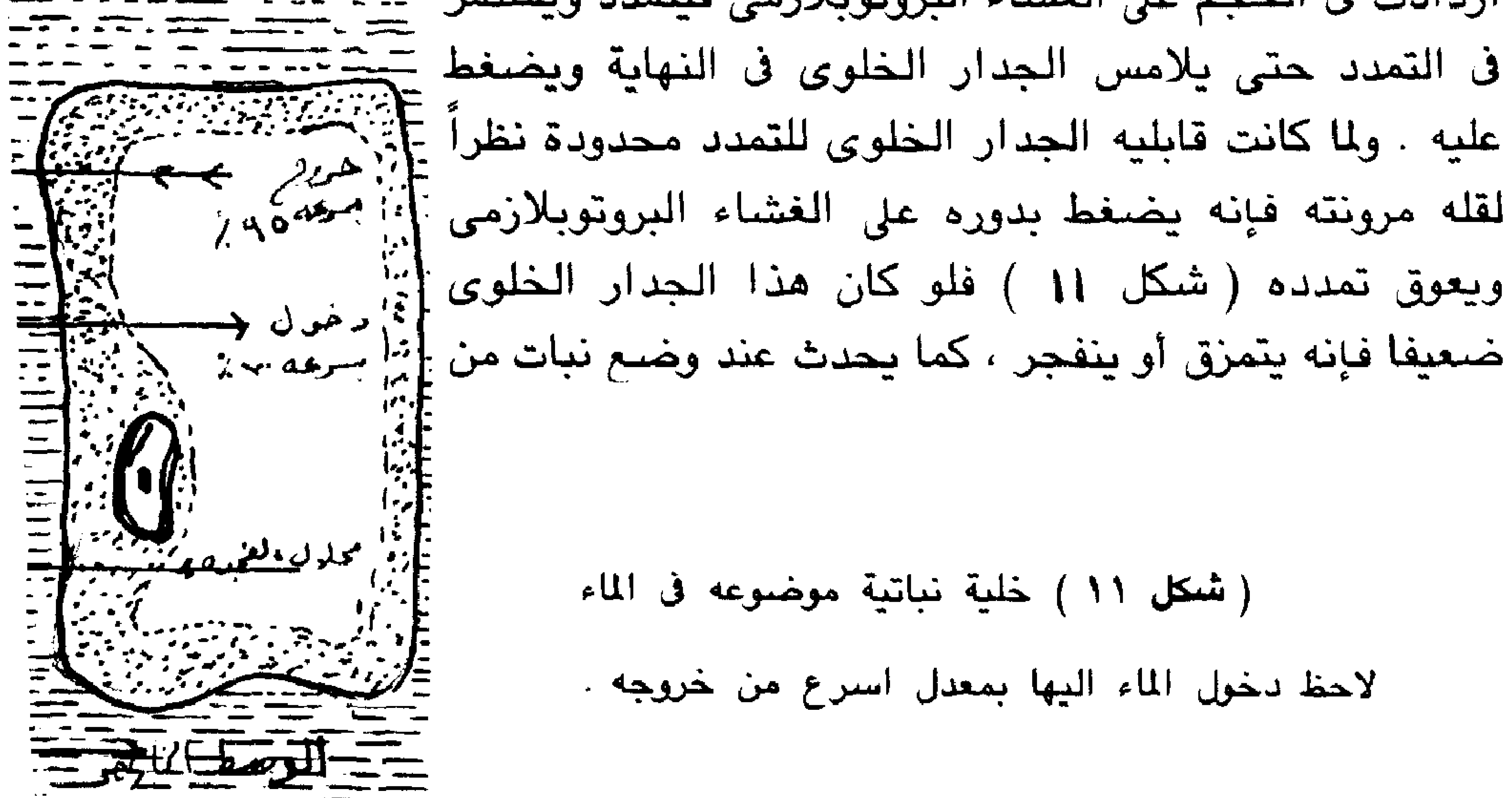
علاقة الخلية بالماء .

من المعلوم ان الخلية النباتية تحتوى على فجوة عصارية كبيرة مملوءة بمحلول من الماء وبعض المواد الذائبة كالسكريات والأملاح والأحماض العضوية مما يجعل لمحلول الفجوة ضغطا أزموزياً تختلف قيمته بأختلاف كميه ونوع المواد الذائبه فيه.

ولكى نتعرف على علاقة الخلية االنباتية بالماء أو بالوسط الخارجى نفرض ان هناك خلية منفردة وان هذه الخلية موضوعة فى سائل ما ـ هذا السائل اما ان يكون ماءاً

نقياً أو محلولاً مخففاً من الذائبات أقل تركيزاً من العصير الخلوى للفجوة ويسمى المحلول فى هذه الحالة بالمحلول ناقص الأزموزية Hypotonic solution ، اما اذا كان المحلول الخارجى أكثر تركيزاً من العصير الخلوى للفجوة سمى المحلول زائد الأزموزية Hypertonic solution ، اما اذا تساوى تركيز المحلول الخارجى وتركيز العصير الخلوى سمى المحلول سوى الازموزية Isotonic solution .

ولنفرض **الان أن** الخليه موضوعة فى ماء نقى وان الغشاء البروتوبلازمى للخليه شبه منفذ . **هذا الغشاء** البروتوبلازمى شبه المنفذ يفصل بين محلولين : اولهما الفجوة ومحلولها اكثر تركيزاً من الوسط الخارجى (الماء النقى) ، وثانيهما الماء النقى وهو ناقص التركيز بالنسبة لمحلول الفجوة . وعلى ذلك فكل مايدخل الخلية الى الفجوة او كل مايخرج منها لابد ان يمر خلال الغشاء البروتوبلازمى شبه المنفذ . تظل المواد الذائبة فى الفجوة العصارية باقية داخل الخلية لان الغشاء البروتوبلازمى لايسمح لها بالنفاذيه الى الخارج ولكنه يسمح لماء الفجوة بالنفاذ الى الخارج كما يسمح للماء النقى بالوسط الخارجى بالنفاذ الى داخل الفجوة . ولما كان تركيز الماء فى الخارج (١٠٠٪) اعلى منه فى الداخل (اقل من ١٠٠٪) فإن سرعه دخول الماء الى الخلية تكون اكبر من سرعة خروجه منها ، ويترتب على ذلك زياده حجم الفجوة العصارية نتيجة لدخول الماء اليها فيتخفف العصير الخلوى وتضغط الفجوة العصارية التى ازدادت فى الحجم على الغشاء البروتوبلازمى فيتمدد ويستمر فى التمدد حتى يلامس الجدار الخلوى فى النهاية ويضغط عليه . ولما كانت قابليه الجدار الخلوى للتمدد محدودة نظراً لقله مرونته فإنه يضغط بدوره على الغشاء البروتوبلازمى ويعوق تمدده (شكل ١١) فلو كان هذا الجدار الخلوى ضعيفا فإنه يتمزق أو ينفجر ، كما يحدث عند وضع نبات من



(**شكل ١١**) خلية نباتية موضوعه فى الماء

لاحظ دخول الماء اليها بمعدل اسرع من خروجه .

النباتات التى تعيش فى الماء المالح فى ماء عزب او مقطر . أما اذا كان متيناً كما هى الحال فى النباتات الارضية فإنه يقاوم الضغط الحادث من ضغط الغشاء البروتوبلازمى وكذلك يقاوم زيادة حجم السائل ويترتب على ذلك وقف دخول الماء الى الخلية اكثر من ذلك وتكون قد امتصت من الماء أقصى مايمكنها أن تمتص .

وتعرف الخلية فى هذه الحالة بأنها منتفخة Turgid ويتولد فى مقابل ذلك ضغط على جدران الخلية من الداخل يسمى ضغط الأنفتاخ Turger Pressure ويقاوم هذا الضغط ضغط آخر مساو له فى القيمة ومعاكس له فى الاتجاه (من الخارج الى الداخل) ويسمى ضغط الجدار Wall Pressure . ويلاحظ انه بمجرد تلامس الغشاء البروتوبلازمى للجدار الخلوى أن الماء لايدخل الخلية بقوة الضغط الأزموزى لعصير الفجوه بل الواقع أنه يدخل الخلية بقوة تساوى الفرق بين الضغط الازموزى للخلية والضغط الجدارى المضاد وتعرف هذه القوة بقوة الأمتصاص Suction Force .

مثال :

اذا كان الضغط الازموزى للعصير الخلوى لخلية نباتية قبل وضعها فى الماء النقى مساوياً ١٠ ضغط جوى وضغط جدارها الخلوى المضاد يعادل ٦ ضغط جوى ، فعند وضع هذه الخلية فى الماء فإنه ينفذ خلال أغشية الخلية الى الداخل بقوة أمتصاص قدرها ١٠ ـ ٦ ض . جـ فيترتب على ذلك زيادة حجم الفجوة العصارية وينقص تركيزها وبالتالى ينقص ضغطها الأزموزى بينما يزداد ضغط الجدار الخلوى المضاد نتيجة لتمدد البروتوبلازم عقب امتصاص الماء تستمر هذه الزيادة فى حجم الفجوة مع نقص فى ضغطها الازموزى حتى تصل الخلية الى حالة الأمتلاء او الانتفاخ ولنفرض ان ضغطها الأزموزى قد أصبح ٨ ضغوط جوية بعد أن كان ١٠ فعند ذلك يكون ضغط الجدار الخلوى يساوى ٨ ضغط جوى وهى نفس قيمة الضغط الأزموزى الجديد للعصير الخلوى .

ويجب ملاحظه انه يعبر عن الضغط الازموزى عادة بوحدات الضغط الجوى حيث ان واحد ضغط جوى يساوى ١٥ رطلاً على البوصة المربعة أو ٣٢ قدماً من الماء على البوصة المربعة أو ٧٦ ملليمتر من الزئبق على البوصة المربعه .
والضغط الازموزى ليس ضغطاً حقيقيا حادثا فى المحلول بل ان الضغط الأزموزى يمكن االتعبير عنه بالقياسات . بمعنى انه اذا فرض ان هناك محلول بكأس زجاجى ضغطه الازموزى ٥ ض . جـ هذا يعنى انه يمكن لهذا المحلول ان يولد ضغط جدارى يساوى ٥ ض . جـ (نظرياً وفى أحسن الظروف) ويمكن تعريف الضغط الازموزى لاى محلول على انه الضغط اللازم بذله على سطح هذا المحلول لمنع دخول جزئيات الماء او المذيب اليه .

ومن ذلك يتضح انه عندما تصل الخلية الى هذه الحالة من الأنتفاخ لايصبح تركيز عصيرها الخلوى مساوياً لتركيز الوسط الخارجى لأنه لم يزل للخليه ضغط ازموزى ولم يزل الوسط الخارجى ماء وإنما يرجع سبب وقف دخول الماء الى الخلية بالرغم من

عدم تساوى التركيزات فى الداخل والخارج الى سببين : **أولهما** خاصية الغشاء البروتوبلازمى شبه المنفذ فلا يسمح لذائبات الفجوة بالنفاذ **وثانيهما** تعادل الضغط الازموزى للعصير الخلوى عند الانتفاخ مع ضغط الجدار للخليه أى تعادل الضغوط المتعارضة فى الخلية .

فاذا رمزنا لقوة الأمتصاص بالرمز ص والضغط الأزموزى للعصير الخلوى بالرمز ض وللضغط الجدارى بالرمز جـ فإن : ـ

ص = ض − جـ

وفى حالة انتفاخ الخلية تصبح ص = صفر أى أن ض = جـ

وهذا هو سلوك الخلية اذا كان الوسط الخارجى ماًء نقياً . أما اذا كان الوسط الخارجى محلولا له ضغط أزموزى معين وليكن ضغطا جوياً واحداً ورمزنا له بالرمز ضَ فإن هذا الضغط الازموزى الجديد للمحلول الخارجى يعمل مع الضغط الجدارى فى مقاومة دخول الماء الى الخلية وعلى ذلك يكون :

ص = ض − (جـ + ضَ)

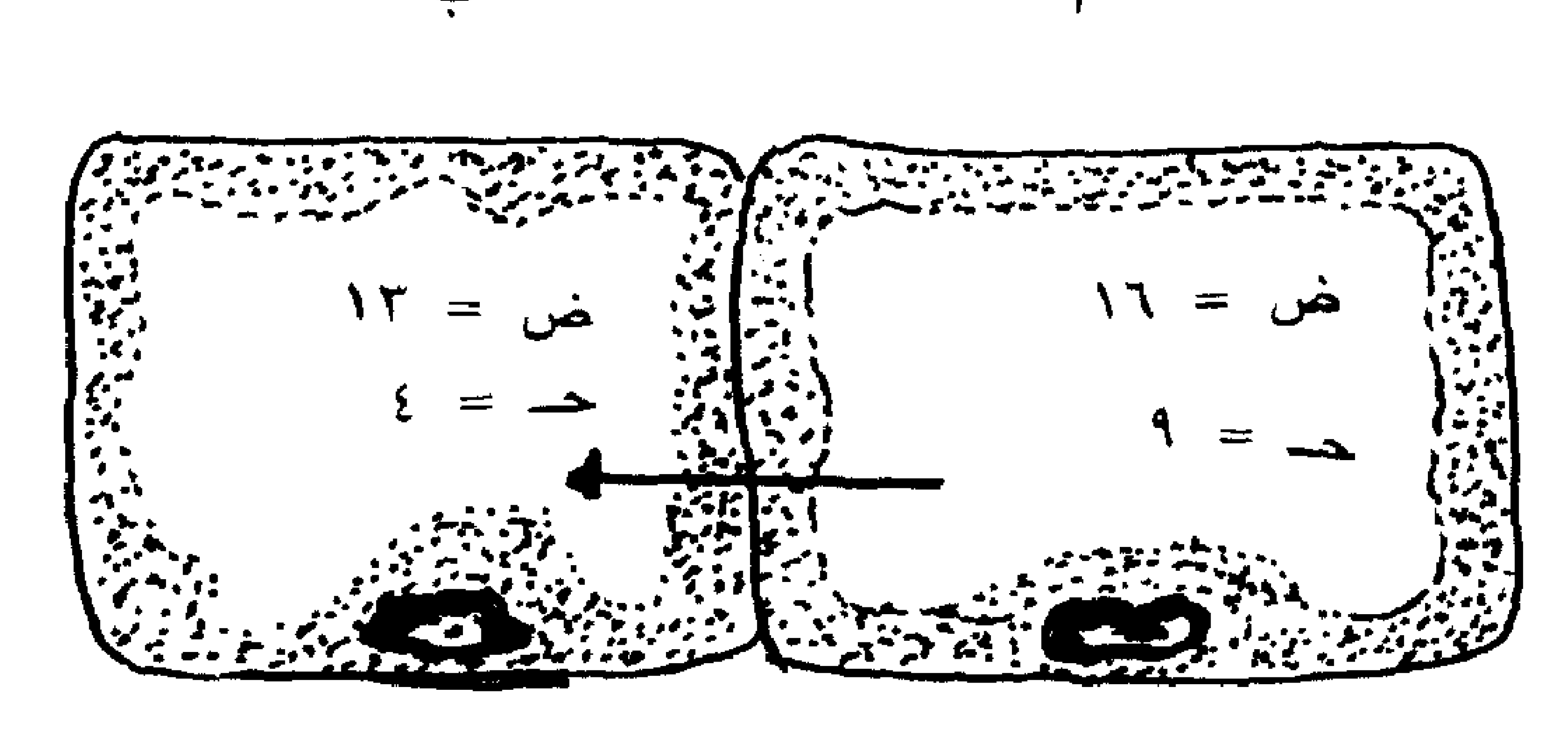
قوة الامتصاص = الضغط الأزموزى (الضغط الجدارى + الضغط الأزموزى للمحلول الخارجى)

= ض − جـ − ضَ

وفى حالة انتفاخ الخلية فان ص تساوى صفراً

اى أن ض = جـ + ضَ

ولكى نوضح أن أمتصاص الخلية للماء انما يتوقف على قوة أمتصاصها وليس على قيمة ضغطها الازموزى ، نتصور خليتين ا ، ب وضعتا بحيث تتلاصق جدرهما فيسهل تبادل الماء بينهما ، وكانت قيمة الضغط الازموزى للخلية ا = ١٦ ضغطاً جوياً فى حين كان ضغطها الجدارى = ٩ ضغوطا جوية .



(**شكل ١٢**) خليتين متجاوريتن ويمثل السهم اتجاه الماء من الخليه (ا) الى (ب)

فلكى نعرف أى الخليتين تمتص ماءً من الآخرى نقدر قوة الامتصاص لكل منهما : ص (للخلية ا) = ١٦ - ٩ = ٧ ضغطا جوياً .
ص (للخلية ب) = ١٣ - ٤ = ٩ ضغطا جوياً .

فالبرغم من ان الخلية (ا) كان ضغطها الازموزى أعلى من الضغط الازموزى للخلية (ب) الا أن قوة الإمتصاص للخلية (ب) أكبر منها للخلية (ا) ومعنى هذا أن الماء ينتقل من الخلية (ا) الى الخلية (ب) وليس كما يبدو من أول وهلة من ان الماء ينتقل من الخلية (ب) الى الخلية (ا) أعتماداً على أن الضغط الأزموزى للخلية (ا) أعلى منه للخلية (ب) .

بعض العوامل التى تؤثر على الضغط الازموزى للمحاليل :-

١ - الضغط الازموزى لاى محلول ناشىء أساساً من المواد الذائبة فيه لذلك فإن التركيز هو العامل الاول المؤثر على الضغط الازموزى . فاذا كانت المادة الذائبة غير متأنية مثل السكر مثلاً وان جزئيات هذه المادة لاتتميأ Hydration فإن الضغط الازموزى للمحلول سيتناسب تناسب طردياً مع تركيز المادة الذائبة . فإذا أذيب الوزن الجزىء بالجرام من اى مادة غير متأينة فى لتر ماء مقطر (محلول عيارى Molar) فإن الضغط الازموزى لهذا المحلول سيساوى ٢٢,٤ ض جـ عند درجة حرارة صفر مئوية وهذا ينطبق على جميع المحاليل المحضرة من مادة غير متأينة حيث ان جميع الاوزان الجزيئية لها ستحتوى على نفس عدد الجزئيات .

٢ - اذا كانت المادة الذائبة متأينة فيجب مراعاه ذلك فاذا أذيب مثلا ص كل (كلوريد الصوديوم) فان هذه المادة تتأين ولذلك يزيد عدد وحدات هذه المادة فى المحلول وهذه الزيادة ستتوقف بدورها على درجة او نسبة التأين . فاذا فرض ان ٥٠٪ من مادة معينه وليكن ص كل تتأين الى مكوناتها عند اذابتها فى الماء فإن عدد الوحدات او الجزيئات سيزيد عما اذا كانت غير متأين بنسبة ١٥٠٪ أى مرة ونصف (١,٥) ضعفا مما يوجد فى المحلول اذا كان الذائب غير متأين لذلك يصبح الضغط الازموزى للمحلول ١,٥ × ٢٢,٤ = ٣٣,٦ ض حـ . اما اذا تأينت جزئيات ص كل كلها فإن ذلك سيؤدى الى ضغط ازموزى = ٢ × ٢٢,٤ = ٤٤,٨ ض جـ نظرياً .

٣ - الحرارة تؤثر على الضغط الازموزى للمحاليل ويزداد هذا الضغط لمحلول معين بزيادة درجة الحرارة وذلك لزيادة نشاط جزيئات أو أيونات المادة الذائبة بارتفاع الحرارة .

٤ ـ مكونات الجدار ومكونات الخلية النباتية وبعض اجزائها فى بعض الأحيان لها القدرة على التشرب Imbibition بالماء ويعتبر ذلك عاملاً على زيادة قوة الامتصاص الازموزى للخلية حيث ان الماء الحر سيقل عن كمية الماء الكلى ويكون ذلك عاملاً مساعداً بالأضافة الى الضغط الازموزى على زيادة قوة الامتصاص الأزموزية وقد يتم تشرب الماء على هيئة بخار او على هيئة محلول ويلاحظ فى البذور النامية ان محتوياتها لها قدرة عالية على التشرب مما يساعد على امتصاص خلايا هذه البذور للماء . وفى هذه الحالات يجب وضع هذا فى الأعتبار عند تطبيق معادلة حساب قوة الامتصاص الأزموزية حيث تصبح :

ص = [ض + ت (ضغط التشرب)] – جـ

او ص = ت اذا كانت المادة المتشربة غير محدوده بغشاء .

البلزمة : Plasmolysis

اذا وضعت الخلية النباتية فى محلول تركيزه او ضغطه الأزموزى أكبر من الضغط الأزموزى للعصير الخلوى للخليه . فإن الخلية لاتتوقف فقط عن امتصاص الماء بل انها تفقد من ماء عصارتها الخلوية . فاذا فرضنا وكان الضغط الأزموزى للخلية ١٠ ضغطاً جوياً وانها وضعت فى محلول ضغطه الازموزى ١٨ ضغطاً جوياً ، فإن الماء يخرج من الخلية فينكمش البروتوبلازم اى يتراجع البرتوبلاست للداخل مبتعداً عن جدار الخلية ويقل ضغط الجدار الخلوى عليه حتى ينعدم كلية وتصبح جـ فى المعادله السابقة = صفر

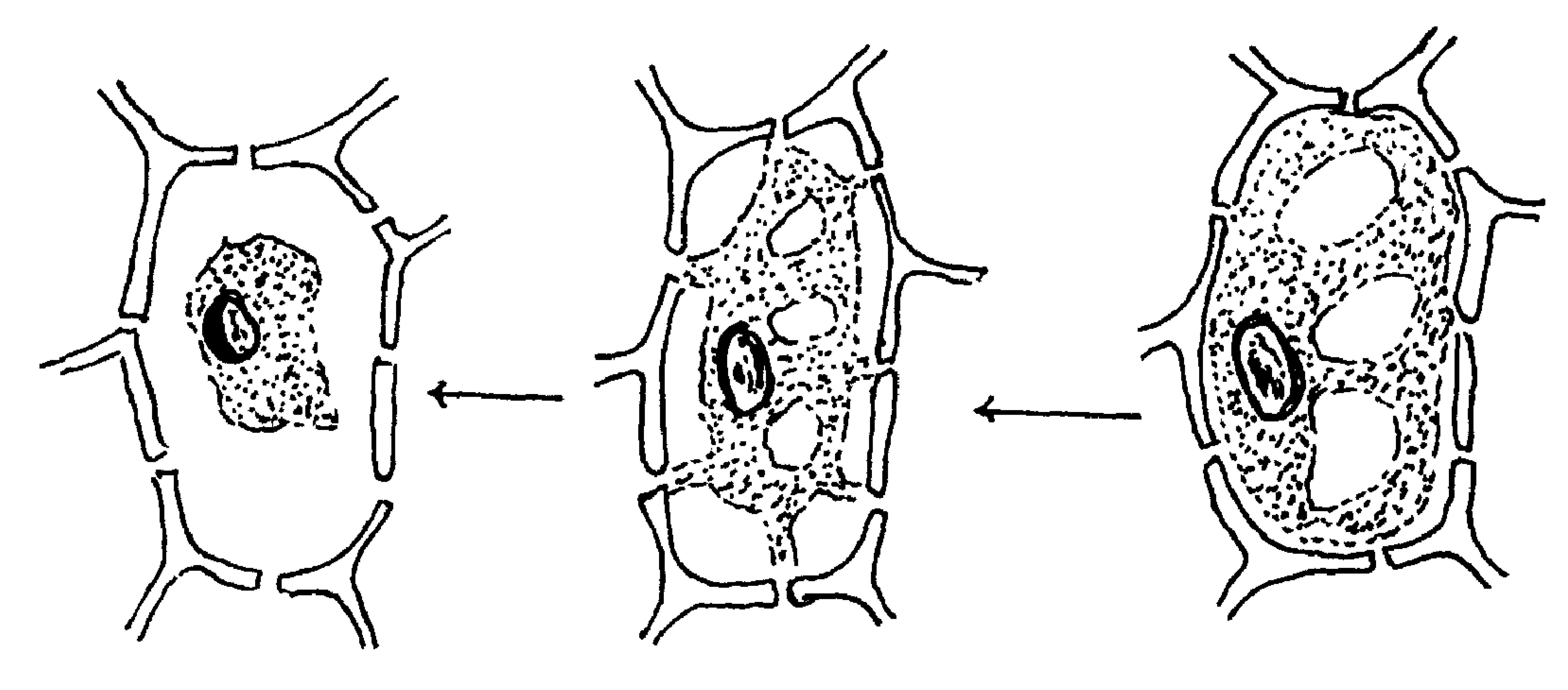
ص = ١٠ – صفر – ١٨

= – ٨ ضغط جوى

اى ان للخلية قوه أمتصاص سالبه ومعنى ذلك ان الماء يخرج من الخلية الى الوسط الخارجى ويترتب على ذلك ان ينقص حجم العصير الخلوى ويزداد تركيزه اى يزداد ضغطه الأزموزى وينكمش البروتوبلازم .

فاذا ما أستمر الماء فى الخروج من الخلية بعد الوصول الى حالة الارتخاء فإن الجدار البروتوبلازمى يساير النقص فى الماء لمرونته فيأخذ فى الانفصال التدريجى عن جدار الخلية ـ الذى لايكاد يتأثر من هذه الحاله ـ ويكون انفصال الغشاء البروتوبلازمى عن الجدار الخلوى إما جزئيا أو كليا حسب درجه تركيز المحلول الخارجى . وعند الوصول الى هذه الحالة تعتبر الخلية فى حالة بلزمه Plasmolysis .

واذا كانت الخلية قد وصلت الى درجة شديدة من البلزمة فانها تؤدى الى انفصال البروتوبلازم انفصالا كلياً عن الجدار الخلوى وتكوره فى وسط الخلية بعد ان تنقطع خيوط البلازمودزما التى تصل مابين بروتوبلازم الخلايا وبعضها (شكل)



(شكل ١٣) طريقه حدوث البلزمه

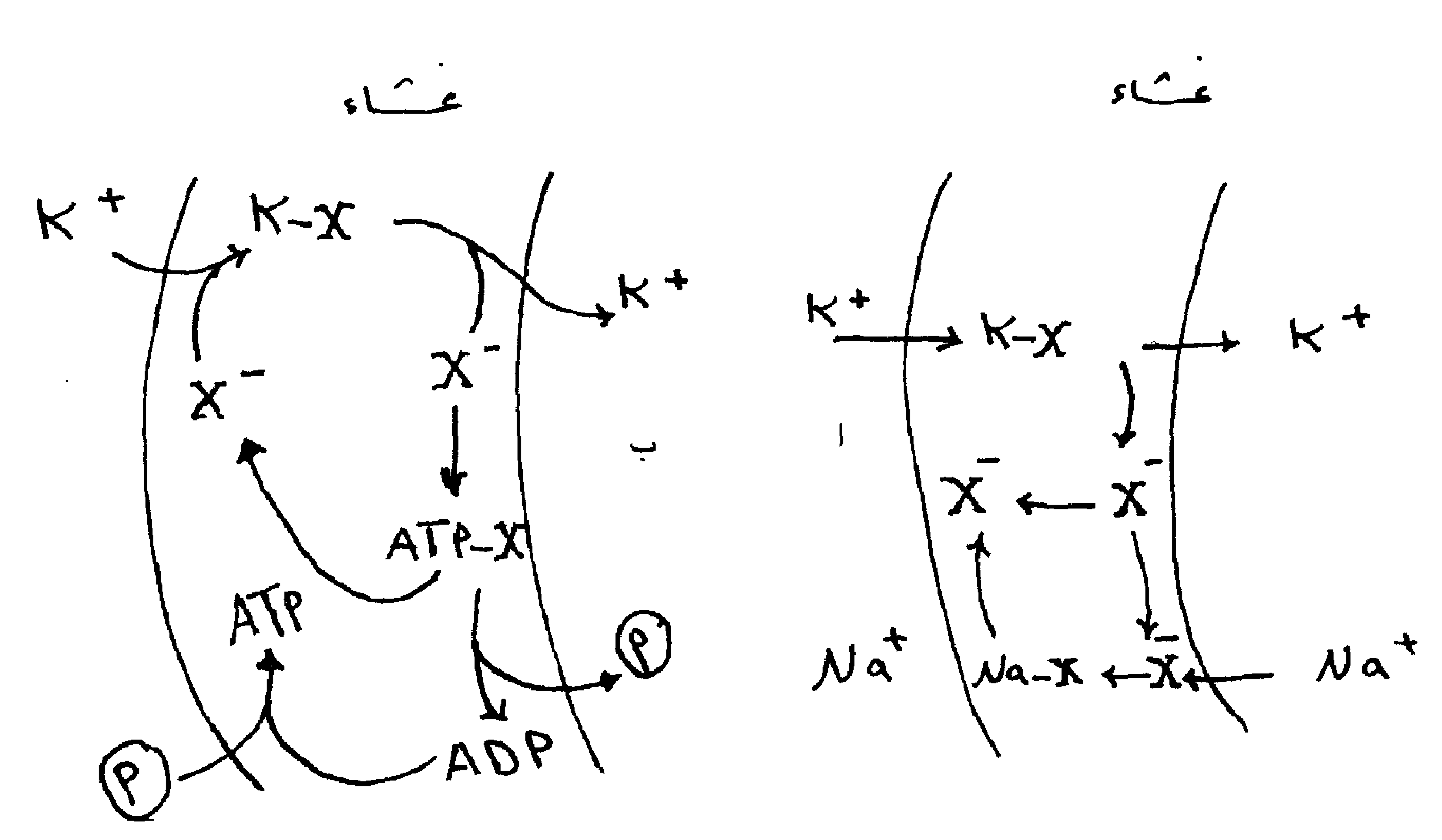
اما اذا أعيدت الخلية المبلزمة الى الماء النقى فإن الخلية تأخذ فى استرداد حالتها الاولى وتستعيد امتلاءها تدريجيا نتيجة لدخول الماء فيزداد حجم العصير الخلوى ويأخذ الغشاء البروتوبلازمى وضعه الطبيعى . ويعبر عن خطوات امتصاص الخلية المبلزمة للماء بشفاء البلزمة Deplasmolysis

اما اذا تركت الخلية فى المحلول الزائد التركيز فإن وفاه الخلية سيكون النتيجة . ويمكن اجراء ذلك عمليا عند وضع خلايا البنجر مثلاً والمحتوية على الصبغه الذائبة فى الفجوة العصارية فى محلول زائد التركيز سيلاحظ ان الصبغة تظل داخل الفجوة مما يدل على ان غشاء الفجوة مازال محتفظا بخواصه الحيوية اما اذا عوملت الخلية بمذيبات عضوية مثل الكلوروفورم او الكحول فان الصبغه ستنفذ مباشره فى المحلول الخارجى مما يدل على موت الغشاء وهذا بدوره يدل على ان الأغشية البلازميه تؤدى عملها (النفاذية الأختيارية) عندما تكون الخلية حيه فقط .

امتصاص الخلية النباتية للمواد الذائبة Absorption of Solutes

من الظواهر التى لم يتم معرفه كل مايحيط بها من تفاصيل هى مرور وامتصاص الخلية النباتية للذائبات المختلفة . وقد وضعت الكثير من النظريات العلمية التى تفسر طبيعة عمل الأغشية أختيارية النفاذية الحية ، ويمكن القول بصفه مبدئية ان هناك بعض العوامل التى تعمل على التأثير على قدرة الذائبات على النفاذ خلال الغشاء الخلوى ومنها درجة ذوبان المادة ودرجة تركيزها وحجم حبيباتها وكمية الشحنة (التكافؤ) عليها . فكلما زادت الشحنه كلما قل درجة وقابلية نفاذها فى الغشاء وبذلك تكون المواد الغير متأينه اكثر قدرة على النفاذية لعدم تواجد شحنات عليها يمكن ان تتعارض مع الشحنات المختلفة المتواجدة بغشاء الخلية .

ويلاحظ ان نسبة كبيره من الطاقة المنفردة بالخلية (نتيجة العمليات بها) يستغل فى نقل المواد المختلفة من والى الخلية وخاصة اذا ماأخذ فى الأعتبار قدرة الخلية على امتصاص بعض المواد التى يقل تركيزها بالبيئة المحيطة بالخلية عن تركيزها بالخلية نفسها (اى بطريقة منافية لقوانين الأنتشار البسيط) . ومن امثلة ذلك هو ان تركيز البوتاسيوم بمعظم الخلايا الحية يزيد كثيراً عن الوسط المحيط بها ومع ذلك يستمر امتصاص المزيد من البوتاسيوم من الوسط الخارجى بمعدل اكبر من فقدان الخلية لايونات هذه المادة . والحفاظ على هذا التركيز العالى من البوتاسيوم بداخل الخلية يحتاج فى الواقع الى طاقة مستمده فى بعض الأحيان من مركبات الادينوسين ثلاثى الفوسفات (ATP) الغنى بالطاقة والناتج من عمليات التنفس .



(**شكل ١٤**) ا - رسم مقترح لنفاذية كل من الصوديوم والبوتاسيوم

ب - رسم مقترح لبيان طريقه عمل ATP لنقل البوتاسيوم .

وهناك اعتقاد كبير فى أن الطاقة فى هذه الحالة لازمة اساسا لطرد ايونات الصوديوم من داخل الخلية وان البوتاسيوم يدخل بدون طاقه عن طريق النقل السالب Passivc Transport ليحافظ على التركيز الايونى بالخلية . وقد وضعت كثير من النظريات العلمية لتفسير الطريقه التى ينقل بها الايون المعين على جانبى الغشاء الخلوى او الطريق التى تستغل بها الطاقة فى ذلك وقد لوحظ ان مركبات ال (ATP) تستغل ليس فقط لاعطاء الطاقة اللازمة لنقل المواد بل تعمل هذه المركبات كما هى على النقل أيضا وقد اكتشفت حديثا ان هذه المركبات تتواجد فى أغشية الخلية وأغشية بعض

مكوناتها ويبين (الشكل١٤) رسم مقترح لنقل الكالسيوم والبوتاسيوم خلال الغشاء الخلوى . وتغير عن بعض مواد ناقله تسمى crriers) وفى هذه الحالة بالذات فان المادة الناقلة هى مركبات ATP نفسها والتى تلزم كمصدر الطاقة والنقل أو هى مركبات متحدة مع ناقل معين X -- ATP كما هو مبين (بالشكل ١٤)

ويمكن تفسير ذلك بالنظرية الحديثة وهى نظرية الناقلات او الأنزيمات والتى تفترض ان هناك مواد متخصصة فى نقل الذائبات الى داخل الخلية وهى موجودة فى الغشاء البلازمى وتتكون من بروتينات (اوبروتينات نووية) وتقوم كل منها بنقل نوع معين من الايونات خلال الغشاء البلازمى الى الداخل تماما كما يحدث فى التفاعلات الأنزيمية وأثناء عملية الأنتقال هذه تنطلق طاقه حرارية أثناء عملية الأمتصاص لكى تمكن الخلية من أمتصاص ماتريده والمحافظة على الايونات الممتصة فى الداخل وكذلك العمل على تركيز هذه الايونات فى الداخل حتى ولو كان تركيز هذا الايون فى الخارج محدوداً .

خارج الخليه		طاقة	داخل الخلية
معدن + ناقل	⇌ (معدن مرتبط بالناقل)	⇌	معدن + ناقل

الانسجه والاجهزه النسيجيه

أن الخليه التى تعرفنا عليها لا تقوم بوظائفها على الوجه الاكمل فى النباتات الزهريه الا إذا تكاتفت مع بعضها من الخلايا وكونت مجموعه قد تكون متشابهه تماماً أو مختلفه تعرف باسم النسيج وكما سنرى فإن مجموعة الأنسجه تكون العضو النباتى ومن مجموعه الأعضاء يتكون جسم النبات الكامل .

وتبعاً للدور والوظيفه ومدى ما وصلت اليها الخلايا من تطور قسمت الأنسجه الى مجموعتين كبيرتين الأولى تعرف بالأنسجه الانشائيه وخلاياها قادره على الانقسام وتكوين خلايا جديده ولم يتم فيها التخصص . اما اذا ما تم التخصص والنضج فإنها تنتمى الى المجموعه الثانيه وهى المعروفه باسم " الأنسجه الدائمه " مع ملاحظه أن صفه الدوام ليست مطلقه فقد تتحول مرة آخرى الى انشائيه كما يحدث فى خلايا البشرة أو القشره عند تحولها الى نسيج انشائى يعرف باسم الكمبيوم الفلينى وذلك بعد انقضاء عدة شهور على تمام نضجها .

اولاً الأنسجه الأنشائيه Meristematic tissues

تختلف خلايا الانسجه الانشائيه عن خلايا الأنسجه الناضجه بوجود ستيوبلازم غزير ، وفجوات عصاريه صغيره وقد لا توجد . وانويه كبيره وجدران رقيقه . كما لا يوجد مسافات بينيه بالاضافه الى قدرتها الكبيره على الأنقسام . وتصنف الانسجه الأنشائيه تبعاً لعديد من الاعتبارات فاذا قسمت تبعاً للمنشأ كان منها **النسيج الابتدائى** Primary meristems وهو ذلك النسيج الناشىء من استمرار انقسام خلايا الجنينن كما يحدث فى النسيج القمى للسيقان أو البذور الابتدائيه وكذلك مبادىء الأوراق والكمبيوم الحزمى وينتج عن هذا النسيج ما يعرف بالانسجه الابتدائيه فى النبات كما يحتوى هذا التقسيم على نسيج **انشائى ثانوى** Secondary meristem وهو ينشأ من خلايا بالغه عادت مره أخرى الى النشاط والقدره على الانقسام كما يحدث فى الكامبيوم الفلينى والكامبيوم بين الحزمى وكامبيوم الجروح وغالبا ما تكون من خلايا برنشيميه والأعتبار الثانى فى التقسيم يكون على أساس الوظيفه او الأنسجه الناتجه من هذا النسيج الأنشائى . فتنقسم الى :

انسجه انشائيه اوليه :- وهى الأنسجه الاصليه التى يتكون منها خلايا القمم الناميه فى السوق والجذور والبراعم وتنشأ من الخلايا الأنشائيه الموجوده فى الجنين وعندما تبدأ الخلايا فى تغير حجمها وشكلها تتحول الى مرحله اخرى وهى الانسجه الانشائيه الابتدائيه أى انها ذات تاريخ متصل (ما عدا قمم الجذور والبراعم الجانبيه العرضه وبعض انواع انسجه الجروح) وتوجد الانسجه الانشائيه الابتدائيه Primary Meristems قريبا من القمم الناميه وهى تتولى انتاج اجزاء النبات الأساسيه وقسمت هذه الانسجه الى اصل البشره Derwatogen واصل القشرة Periblem واصل الأسطوانه Plerowe وفى تقسيم آخر قسمت الى اصل البشره واصل الاسطوانه الوعائيه .

ثم نعود الى التقسيم الاصلى والذى ميزنا منه النسيج الانشائى الاولى الابتدائى ونجد نوعاً آخر هو الانشائى الثانوى وهو ينشأ من انسجه سبق لها النضج وكانت قد تحولت الى انسجه دائمه لفتره ما فى حياتها اى تنشأ من خلايا غير انشائيه وتعمل هذه الأنسجه على اضافه انسجه جديده تستبدل من ناحيه النشاط الوظيفى بالانسجه السابقه أو تدعمها أو تقوم بحمايه مناطق الجروح وتضميدها .

ومن التقسيمات الهامه بالنسبه للانسجه الانشائيه التقسيم تبعا لموضعها فى النبات فنجدها تنقسم الى ثلاث مجاميع .

١ - نسيج انشائى طرفى أو قمى Apical meristem

وتوجد عاده فى القمم الناميه عند اطراف الجذور والسوق واحياناً فى اطراف الأوراق وذلك فى النباتات الوعائيه وينتج عن نشاطها استطاله الاعضاء الطرفيه وبناء جسم النبات ويوجد خليه واحده أو عده خلايا تكون فى المقدمه وعلى رأس النشاط وتحافظ هذه الخليه على كيانها ووضعها . وتسمى منشئات طرفيه او خلايا طرفيه وتوجد الخلايا فى صوره مفرده فى اغلب السرخسيات وبعض التريدات اما اغلب النباتات فتكون عدة خلايا والشكل الغالب للخلايا الطرفيه فى النباتات الوعائيه هو الشكل الهرمى ذو الثلاث اوجه الأنشائيه بمعنى أن لها اربعه اوجه ولكن انشاء الخلايا الجديده يكون من ثلاثه فقط . اما الوجه الرابع فيتجه فى ناحيه النمو الى الامام وقد تنشأ عنه خلايا جديده كما يحدث فى الجذور .

٢ - نسيج انشائى بينى Intercalary meristem

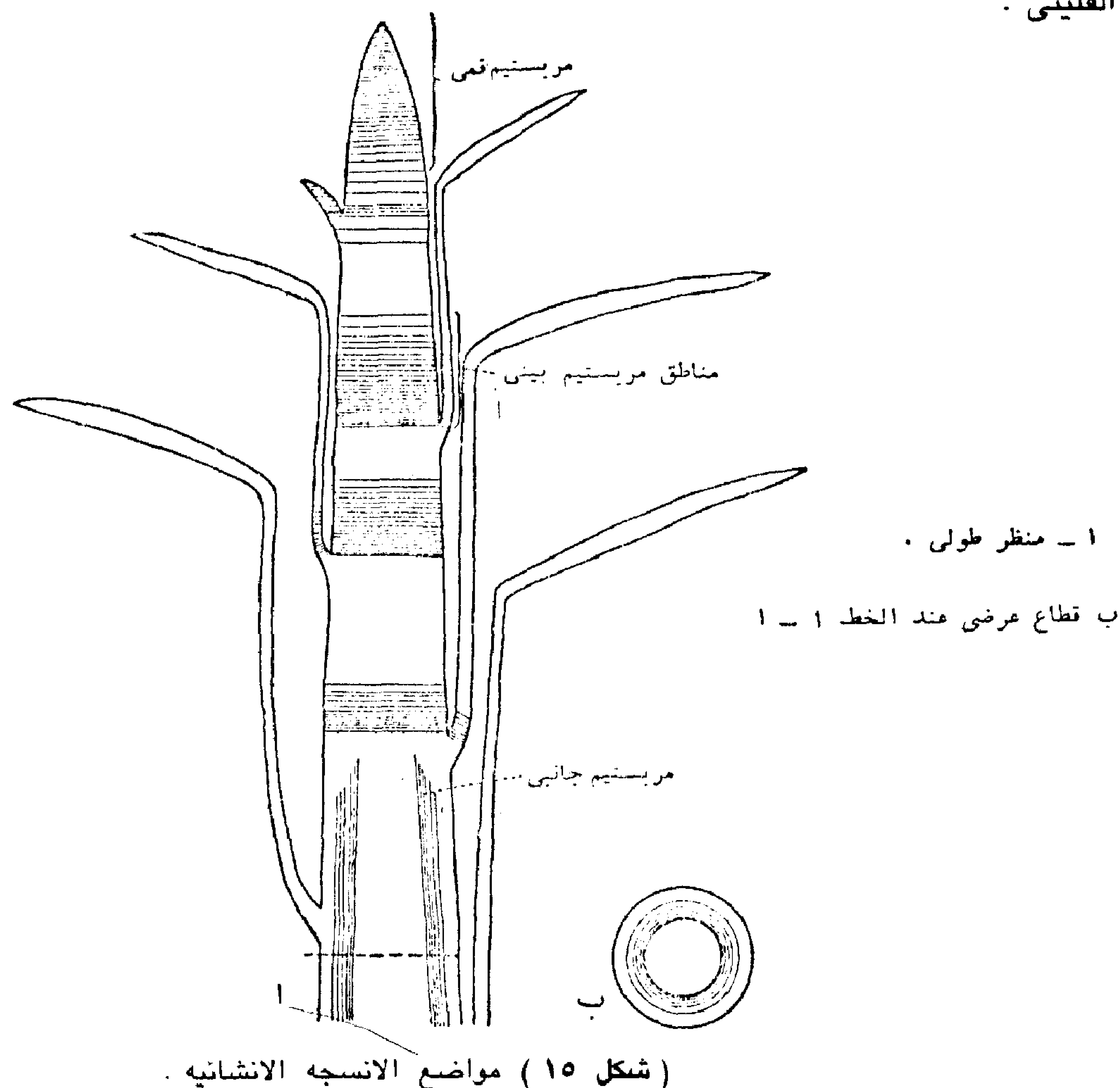
تنعزل اجزاء من النسيج الانشائى اثناء النمو وتنفصل عن النسيج الانشائى الطرفى الذى يستمر فى النمو بينما تنضج طبقات من الخلايا . ويسمى النسيج

الانشائى المحصور بين طبقات من الانسجه الناضجه بالنسيج الانشائى البينى وتكون الطبقات الناضجه هى السلاميات اما النسيج الانشائى فيكون فى منطقه العقد بين السلاميات حيث تتكون العقده فى المراحل المبكره للنمو من نسيج انشائى خالص .

وتوجد الامثله الواضحه للنسيج الانشائى البينى فى سوق النجيليات وغيرها من ذوات الفلقه الواحده كى توجد فى بعض انواع النعناع وبتقدم العمر يختفى النسيج الانشائى فيتحول الى انسجه دائمه .

٣ - انسجه انشائيه جانبيه Lateral meristems

تتكون هذه الأنسجه من خلايا تتميز بانقسامها فى اتجاه سطح مواز لامتداد المحور وتعمل على زيادة قطر العضو الذى يحتويها أى تعمل على اضافه انسجه جديده بالاضافه الى انسجه موجوده فعلا ومن امثلتها الكمبيوم الوعائى والكمبيوم الفلينى .



(شكل ١٥) مواضع الانسجه الانشائيه .

الكمبيوم الوعائى Vascular Cambium

هو نسيج انشائى فى نباتات ذوات الفلقتين خلاياه تعطى خلايا جديده تكون خشبا للداخل ولحاء للخارج . فالانقسام المماسى للخليه الكمبيوميه يؤدى الى تكوين خليتين متماثلتين تبقى احداهما انشائيه وهى الخليه الكمبيوميه الدائمه وتتحول الثانيه الى خليه خشب او لحاء تقوم بتكوين خلايا جديدة وتسمى هذه الخلايا بالخلايا المغزليه وتتميز بانها طويله مستدقه فى اتجاه المحور الطولى للعضو النباتى وهى منتظمه الشكل فى القطاع العرضى وتختلف من حيث نسبه الطول الى العرض المماس .

اما النوع الثانى فهو الخلايا الاشعاعيه ray فهى خلايا صغيره متساويه الأقطار تقريباً تعطى عند انقسامها خلايا برنشيميه مكونه الاشعه النخاعيه والاشعه الوعائيه .

والخليه تحتوى على بروتوبلاست وفجوه ومحاطه بطبقه رقيقه من السيتوبلازم ويتحرك حركه انسيابيه نشيطه فيما عدا فترات الكمون والنواه كبيره .

الكمبيوم الفلينى (فلوچين) Phellogen

يعتبر الكمبيوم الفللينى من حيث الموضع نسيجا انشائيا جانبيا وفى نفس الوقت فهو خير مثال للنسيج الانشائى الثانوى حيث ينشأ من خلايا حيه قد اصبحت ناضجه ومستديمه فى البشره او القشره او اللحاء . ويتسبب فى زيادة تغلظ المحور بأنقسامه باستمرار فى اتجاه مماسى منتجا خلايا الى الخارج تعرف باسم الفلين Phellem (Crok) وخلايا للداخل تعرف بالفللودرم Phelloderm او القشره الثانويه .

وتُكون الطبقات الثلاث ما يسمى بالبريدرم Periderm وخلايا الكمبيوم الفلينى عند بدايه تكوينها من البشره يلاحظ اختفاء الفجوات المركزيه وزياده كميه السيتوبلازم مع زياده تحببه – ويتلو ذلك حدوث انقسامات مماسيه متواليه كما تحدث انقسامات قطريه ايضا ولكن بدرجه اقل .

ثانيا : الانسجة المستديمة Permanen Tissaes

النسيج كما تعرفنا عليه هو مجموعة من الخلايا المتصلة المنتظمة ، المتشابهه فى النشأة والوظيفة الاساسية وقد يوجد فى داخل النسيج تباين كبير فى الشكل الخلوى وفى الوظيفة ، إلا أن الخلايا التى يتألف منها نسيج ما ، لابد أن تكون متلاصقه وأن تكون جزءا تركيبا فى النبات وتقسم الانسجه المستديمة وهى تلك التى فقدت القدرة على النمو (ولو مؤقتا كما لاحظنا فى الكامبيوم الفللينى) تبعا لعدة إعتبارات فقد قسمت حسب المنشأ إلى انسجة ابتدائية واخرى ثانوية وقسمت تبعا لتوزيع تلك

الانسجة فى النبات إلى جهاز ضام محيط بالنبات وجهاز وعائى وهو انسجه الخشب واللحاء وجهاز اساسى ويشمل ما بين الجهازيين السابقين . كما قسمت الى اجهزه متبعا للشكل والوظيفه : -

(١) جهاز ضام (٢) جهاز بار نشيمى
(٣) جهاز ميكانيكى (٤) جهاز وعائى
(٥) اجهزه إفرازيه

كما قسمت تبعا لنوع النسيج ان كان مكونا من نوع واحد من الخلايا أو من عده أنواع فكان التقسيم إلى انسجه بسيطه simple وأنسجه مركبة أو معقده Complex واكثر الانسجة البسيطة شيوعا البرنشيميه والكورنشيمية والاسكلرنشيميه أما النسيجان الموصلان وهما الخشب واللحاء فهما اهم أنواع الانسجة المعقده .

١ - الانسجة البسيطه Simple Tissaes

أ - النسيج البرنشيمى

وهو نسيج خضرى بسيط وتتميز خلاياه بتساوى الاقطار ورقه الجدر ذات النقر البسيطة ووجود البروتوبلاست والقدرة على الانقسام الخلوى وقد توجد بعض الحالات الشاذة فى هذه الصفات لبعض النباتات كسمك الجدار فى خلايا اندوسبرم بذور البلح والبن لترسب الهيميسليلوز تتخذ اشكالا مختلفة فقد تكون كرويه أو بيضيه أو اسطوانيه أو عديده الأسطح .

ويوجد النسيج البرنشيمى فى النخاع والنسيج المتوسط فى الأوراق ولب الثمار ومكونا اساسيا فى القشره والبريسيكل كما يوجد كأحد مكونات النسيجان الموصلان الخشب واللحاء والاشعه النخاعيه الابتدائيه والثانويه . وقد قسم النسيج البرنشيمى تبعا للوظيفه وشكل الخلايا الى :

١ - نسيج برنشمى مسئول عن البناء الضوئى Photosynthetic paranchyma

وهذه الخلايا المكونه لهذا النسيج تحتوى على كميه كبيره من البلاستيدات الخضراء واشتق لها اسم خاص لتميزها عن باقى الخلايا البرنشيميه فسميت بالخلايا الكلورنشيميه لاحتوائها على الكلورفيل فى البلاستيدات الخضراء Chlorenchyma وتأخذ شكلا خاصا فى الاوراق .

ستتعرف عليها فى دارسه الاوراق .

٢ - نسيج برنشيمى خاص بالتخزين Storage parenchyma

ينتج النبات عادة مواد غذائيه كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون والزيوت اكبر مما يحتاج فى عمليات البناء ويقوم بتخزينها فى أماكن خاصه لحين احتياجه اليها فى اطوار نموه المختلفه .. فيقوم مثلا بتخزين فى خلايا خاصه بالجذور او الابصال او الدرنات والكورمات والريزومات والثمار .

وقد يقوم النبات ايضا بتخزين الماء كما فى النباتات العصاريه الجافه .

٣ - نسيج برنشيمى خاص بالتهويه Aerenchyma

يوجد هذا النوع من النسيج البرنشيمى فى النباتات المائيه حيث تقل نسبه الاكسچين اللازم للتنفس . فيعمل النبات على اختزان الناتج من عمليه البناء الضوئى وكذلك اختزان ثانى اكسيد الكربون الناتج من عمليه التنفس لاستعماله فى البناء الضوئى . وذلك فى فراغات هوائيه ناتجه من تلاصق الخلايا ذات الجدر الرقيقه ببعضها مكونه هذا الفراغ .

بالاضافه الى هذه الوظائف الهامه تقوم بعض الخلايا البرنشيميه بوظائف اخرى كالافراز والأخراج كما تعمل بامتلائها بالعصير الخلوى على حفظ اعضاء النبات الرخوه فى حاله قائمه .

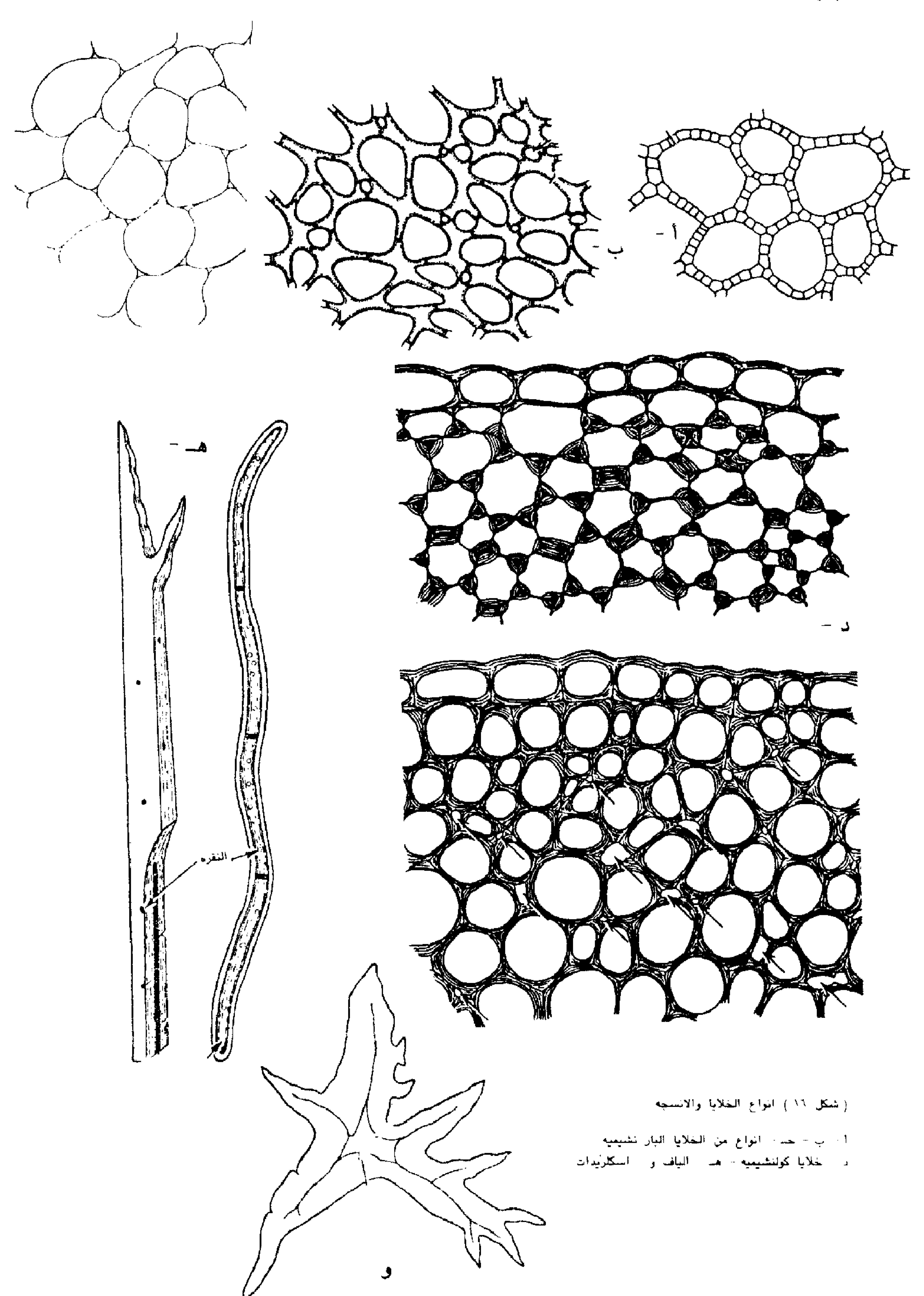
ب - النسيج الكولنشيمى

تتميز خلايا هذا النسيج بعدم تواجدها مع غيرها مع غيرها من الخلايا وهذه الخلايا مستطيله ، متبانيه الشكل ، جدرها غير منتظمه التغلظ ، اطرافها قائمه الزوايا او مائله او مستدقه ، يوجد بها بروتوبلازم ، تتراكم الخلايا وتتشابك مكونه اشرطه تشبه اشرطه الألياف .

الجدر تتكون من السليلوز والبكتين وتحتوى على نسبه عاليه من الماء مما يساعدها على التمدد وسرعه الموائمه للنمو السريع وتتكون مناطق شديده فى تغلظها على هيئه اشرطه طوليه تشغل اركان الخلايا وهو الطراز الامثل لهذا النسيج .

والنسيج الكولنشيمى يوجد فى كثير من السوق والاعناق والعروق الوسطيه للاوراق وبعض الشماريخ الزهريه وكثير من الاعناق الزهريه .

وظيفته الاساسية التدعيم فى المراحل المبكره اى التدعيم المؤقت ثم لا يلبث ان تنسحق خلاياه وقد تمتص عند ازدياد تزاحم الانسجه الابتدائيه الخارجيه على البشره او البريديرم الاولى عند حدوث تغلظ ثانوى .



(شكل ١٦) انواع الخلايا والانسجه

أ - ب - حـ - انواع من الخلايا البار نشيميه
د - خلايا كولنشيميه - هـ - الياف و - اسكلريدات

جـ - النسيج الاسكلرنشيمى

يقوم النسيج الاسكلرنشيمى بالتدعيم ولكن تدعيم غير مؤقت .. ولذا تختلف خلاياه عن خلايا النسيج الكولنشيمى بان جدرها صلده وملجننه وتحتوى على نسبه ضيئله من الماء . وعند تمام النضج تكون خاليه من البروتوبلاست . والتغليظ منتظم وشديد وتنقسم الخلايا تبعا لشكلها الى الألياف والاسكلريدات .

١ - الالياف : -

وهى خلايا مستطيله مدببه الاطراف - جدرها ملجننه غالبا - بعضها تتكون جدرها من السليلوز بدرجه كبيره والنقر فى الألياف صغيره جدا - مستديره ولا تؤدى عمل فى الخلايا البالغه لعدم وجود البروتوبلاست وتحتوى الخليه على تجاويف صغيره وقد لا توجد فى بعض المواضع .

توجد الالياف اما منفرده او فى مجموعات صغيره مبعثره بين خلايا اخرى وتكون اشعه او صحائف من الانسجه تمتد طوليا لمسافات كبيره ويعزى اهميتها كنسيج تقويه الى انتظامها فى كتل طوليه وتراكيب خلاياها وتشابكها وتقسم الالياف الى نوعين .. احدهما وهو الموجود فى القشره والبريسيكل واللحاء وتحتوى خلاياه على نقر بسيطه اما الثانى فهو الموجود فى الخشب وتحتوى خلاياه على نقراً مضفوفه .

٢ - الاسكلريدات : -

وهى النوع او الشكل الثانى من الخلايا الاسكلرنشيميه وخلاياه متساويه الاقطار وبعضها مستطيله وتختلف وتتفاوت الاسكلريدات فى شكلها وتغلظ جدرها وشكل النقر وعددها وتتميز بالتغلظ الشديد جداً فى وكذلك شده التلجنن واحيانا تتسوبر وتتكوتن وكثيرا ما يستعمل اصطلاح " الخلايا الحجريه Stone cels " او الاسكلريدات القصيره على الاسكلريدات .. هذه الخلايا الحجريه او الاسكلريدات قد تكون خلايا منفرده او توجد متجاوره مفككه او قد تلتصق ببعضها . ومن الامثله لتلك التجمعات ما هو موجود فى الاجزاء الصلبه فى لحم ثمره الكمثرى والسفرجل .

وقد توجد الاسكلريدات فى اى مكان من جسم النبات الا انها تكثر فى القشره واللحاء والثمار والبذور .

ثانيا : الانسجه المستديمه المعقدة : -

هو احد مكونات الجهاز الوعائى المسئول عن نقل الماء والمواد المعدنيه من التربه الى النبات اما المكون الاخر للجهاز فهو اللحاء والذى يقوم بنقل المواد المجهزه من الاوراق الى باقى اجزاء النبات كما ان للخشب وظائف ثانويه كالتدعيم او تخزين المواد الغذئيه فى برنشيمه الخشب ويتكون الخشب من عده انسجه هى : -
(١) العناصر الناقله ومنها القصيبات والاوعيه .
(٢) الياف الخشب .
(٣) برانشيمه الخشب .

وتبعا لمنشأ الوعاء ان كان من خلايا انشائيه من اصل الاسطوانه Procambium او كان ناتجا من الكامبيوم فإنه يتحدد نوع الخشب فالاول يسمى خشب ابتدائى والثانى يسمى الخشب الثانوى . وتبعا للعمر فى الخشب الابتدائى يتحدد الخشب الاول والثانى .

اولا : الخشب الابتدائى :

١ - العناصر الناقله Tracheary elements

تختلف العناصر الناقله بأختلاف النباتات ففى معظم معراه البذور والنباتات الاولية وبعض مغطاه البذور يوجد ما يعرف بأسم القصيبات Tracheids اما فى معظم مغطاه البذور وبعض السرخسيات وكذلك فى Gnetales من معراه البذور فتوجد عناصر ناقله تعرف باسم الاوعيه Vessels

أ - القصيبات

هى خليه ميته عند البلوغ مستطيله مدببه الاطراف لا تحتوى على البروتوبلاست ، جدرها صلده ملجنفه اطرافها غير مستدقه بأنتظام نمو القمه فى جميع المستويات والقصيبه مهيأه للقيام بوظائفها فى توصيل الماء اولا والتدعيم ثانيا فهى انبوبه طويله ، فارغه متينه الجدر - تمتد فى اتجاه مواز للمحور الطولى للعضو ، وتتصل بما يلاصقها من قصيبات عن طريق نقر عديده سواء كانت الخلايا المجاوره حيه او غير حيه .

كما تنظم القصيبات بحيث تتراكب الخلايا المتلاصقه على الاقل فى الاجزاء المستدقه حيث تكثر النقر وعلى ذلك تتهيأ مجار للانتقال فى الاتجاه الطولى خلال سلسله من التجاويف ويتم الاتصال من خلال اغشيه النقر والقصيبه تعمل كخليه تدعيميه - اما ادخار الغذاء فتختص بها برنشيمه الخشب .

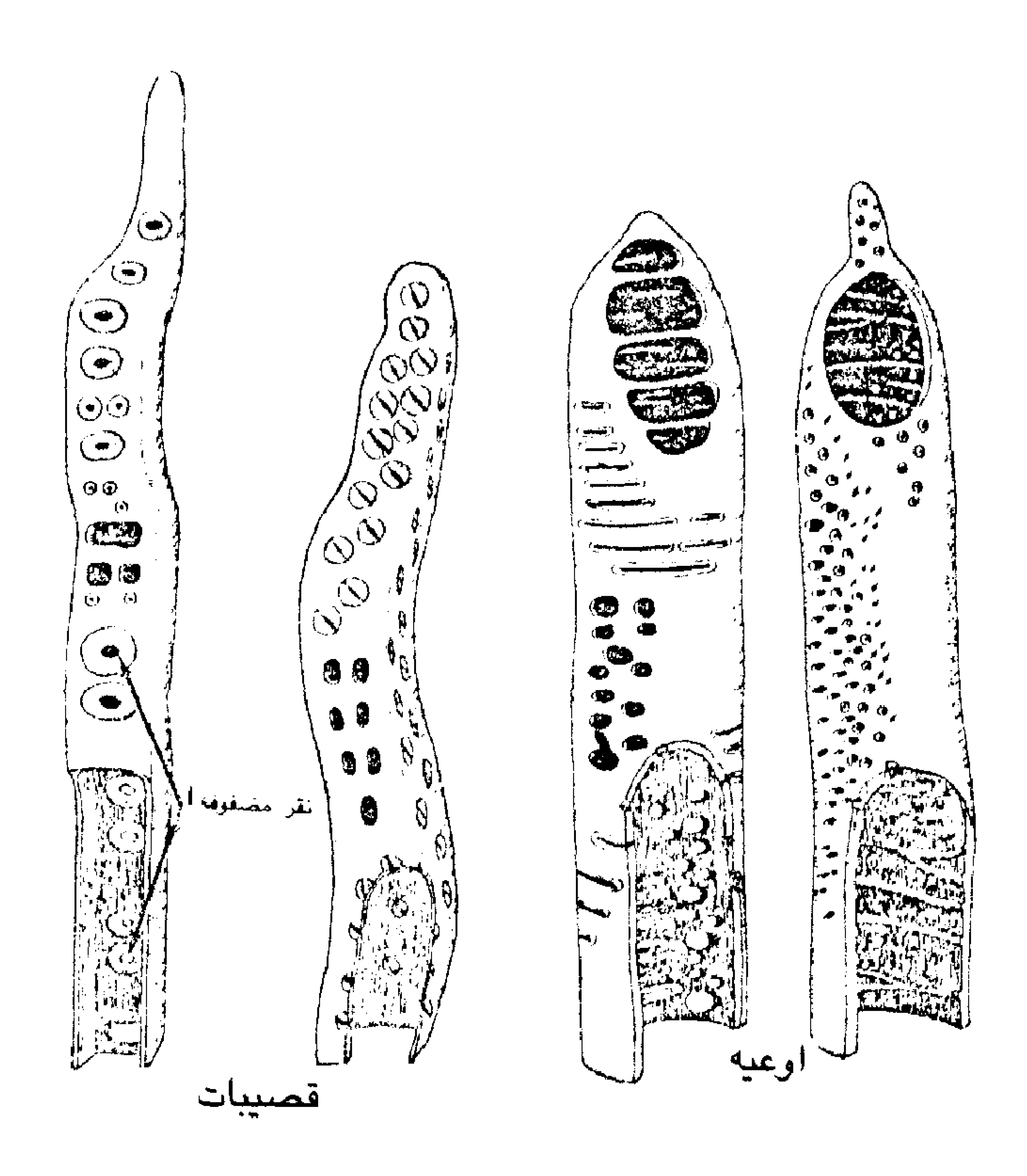
يبلغ طول القصيبه حوالى ١مم وان كانت فى بعض الاجناس تزيد عن ذلك فتصل الى ١سم فى جنس Canna & mosa

ب - الاوعية

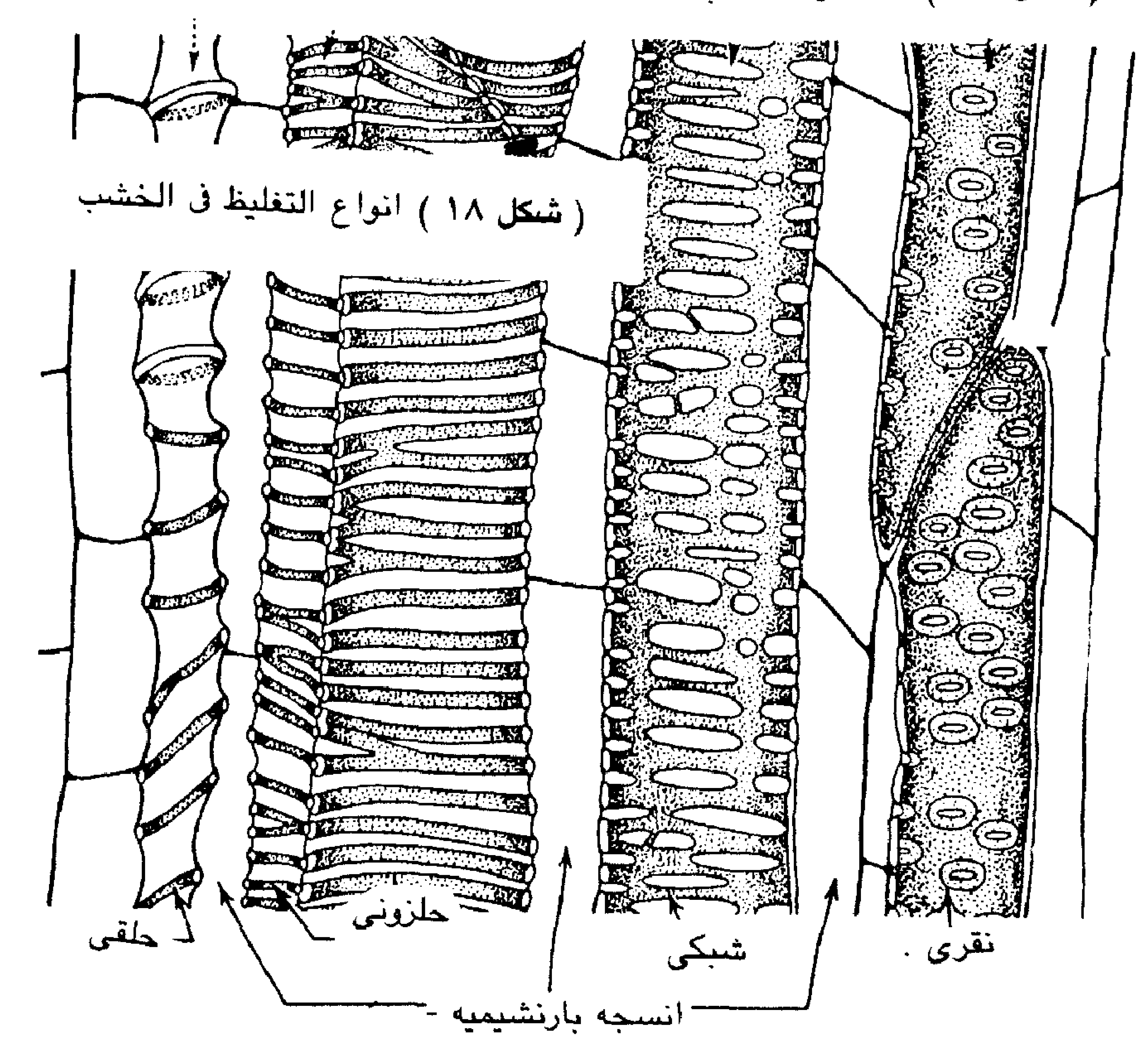
وهى تتكون من خلايا ميته ذات جدر مغلظه تحتوى جدرها على نقر بسيطه او مضفوفه او نصف مضفوفه - تتصل الخلايا ببعضها طوليا حيث تتلاشى الجدر كليا او جزئيا فيسمح ذلك بأنتقال السوائل بحريه معظم الاوعية مثقبه فى منطقتين عند كل طرف وقد تحتوى بعض الاوعية على ثلاث أو اربع مناطق مثقبه وتعرف المنطقه التى يحدث فيها التثقيب بأسم صفيحه التثقب Perforation Plate وتوصف الصفيحه بانها بسيطه Simple Perforation اذا احتوت على ثقب واحد ، ومتضاعفه اذا احتوت على ثقبين او اكثر وتتجمع الثقوب المتضاعفه فى نظام سلمى Scalariform Perforation عندما تكون مستطيله ومتوازيه وفى نظام شبكى Reticulate Perforation اذا انتظمت الفتحات فى تركيب يشبه الشبكه . والطرز الشائعه هى البسيطه والسلميه وتحتوى العناصر الوعائيه الصغيره احيانا على نوع واحد من الثقوب فى احد طرفيها وعلى نوع اخر فى الطرف الثانى . والثقوب البسيطه تكون مستديره عادة ، ولكنها فى الاوعيه الضيقة تتدرج فى الشكل الى بيضيه ضيقه ويمكن القول عامه بان الجدر الطرفيه العرضيه بسيطه الثقوب ، اما المائله فسليمه الفتحات اما من حيث الطول فيختلف على حسب نوع النبات ونوع الخشب وموقع الوعاء فى العضو ومعدل النمو . فمثلا فى النباتات المتسلقه والاشجار ذات الخشب الحلقى المسام والعناصر البسيطه الثقوب قد تصل طول الوعاء الى عده امتار وان كان غالبا يبلغ الطول من بضعه سنتيمترات الى ام تقريبا وتتدرج الاوعيه فى الاتساع واقصى اتساع يبلغ ١ ملليمتر تقريبا .

انواع الخشب الابتدائى : -

يمكن ملاحظه نوعين عند فحص الخشب الابتدائى من العناصر الناقله وتختلفان على حسب موعد ظهورهما فخلايا الخشب القادرة على الامتداد والتى تصل الى تمام النمو اولا قبل غيرها حيث تكون قد ظهرت اولا تعرف بأسم الخشب الاول Protoxylem حيث يظهر عند بدايه تكشف الانسجه الوعائيه وتتميز خلاياه بأنها نحيله نتيجه للامتداد الذى تتعرض له ، كما انها تختلف فى تركيب الجدار وهى تتعرض للضغط والشد نتيجه للزيادة فى التغلظ والزيادة فى الطول وتستجيب الخلايا الانشائيه المجاورة لهذه العوامل بتكوين خلايا جديده والزيادة فى الحجم اما خلايا



(شكل ١٧) عناصر الخشب الناقله



(شكل ١٨) انواع التغليظ فى الخشب

الخشب الاول فلا تستطيع ان تستجيب بنفس الدرجه حيث انه قد تم النضج ولكنها تتمدد الى حد ما والتقويه التى تتم فى هذه الخلايا يكون بحلقات او حلزون من جدر ثانويه ملجنه لا تمنع تماما من حدوث الشد وهذه الحلقات او الاربطه الحلزونيه تساعد على حفظ الممرات التوصيليه مفتوحه اثناء الاستطاله .

اما الخشب الثانى Metaxylem فإنه يظهر بعد ذلك وتزداد فى خلاياه مساحه الاربطه من الجدر الثانويه وبذلك تزداد نسبه الجدار الثانوى بالتدريج وهذه الخلايا يكون التغليظ فيها شبيها بالسلم او قد تلتحم اربطه الجدار الثانوى بدرجه اكبر وبطريقه اقل انتظاما مكونه شبكه من التغلظ الثانوى وتسمى الخليه (خليه شبكيه) او قد تزداد مساحه الجدار الثانوى وتظهر المناطق الرقيقه اكثر دقه وتتكون (الخليه المنقره) وفى هذه الحالات لا تتمدد الخليه على الاطلاق وخاصه فى النوعين الاخيرين .

فراغات الخشب الاول Protoxylem lacuna

قد لا تستطيع خلايا الخشب الاول تحمل الاستطاله الزائده فتكون النتيجه ان تتمزق وينشأ عن ذلك فراغ قنوى الشكل يعرف بفراغ الخشب الاول وفى بعض الحالات تصل هذه المسافات البينيه فى حجمها الى حد كبير نتيجه لشد الخلايا البرنشيميه المجاورة لها وعاده تحدث هذه الفراغات فى نباتات الفلقه الواحدة .

٢ - الالياف Fibres of xylem

سبق وقد شرحت الالياف فى الانسجه البسيطه ولا تختلف الياف الخشب عما سبق شرحه فهى ملجننه ، جدرها سميكه وعند مقارنتها بالقصيبات نجد انها اسمك فى الجدار وهى قليله فى النباتات التى تقوم فيها القصيبات بالتوصيل حيث انها تقوم ايضا بالتدعيم وتكثر الالياف فى النباتات المحتويه على الاوعيه ويوجد ثلاث انواع من الألياف الاولى الياف قصبيه Fiber tracheids وليبريه Libriform Fibres والجلاتينيه Gelafinous Fibres ذات المظهر الجلاتينى حيث تقل بها نسبه الجلاتين ويكثر السليلوز .

وفى مقارنه بين الألياف القصبيه والليبريه نجد الاولى اقل طولا وسمكا عن الثانيه كما ان النقر فى الاولى مضفوفه ذات قناه قمعية مسطحه اما النقر فى الليبريه فهى بسيطه تفتح فى اتجاه تجويف الخليه بشكل قمعى مسطح والالياف قد تنقسم الى خلايا عديده بوجود جدر عرضيه وتسمى Septate Fibers وتظهر فى النباتات ذات الفلقتين وقد تحتفظ بمحتوياتها الحيه لعدة سنوات وتقوم فى هذه الحاله بالتخزين كما يحدث فى نبات العنب .

٣ - برنشيمه الخشب Xylem Paranchyma

وهى خلايا برنشيميه تميل الى الاستطاله توجد فى نوعى الخشب الابتدائى والثانوى (الذى سيأتى ذكره) وهى خلايا حيه جدرها قد تتلجنن بها نقر بسيط أو مضفوفه او نصف مضفوفه وفى هذه الحاله يصعب التميز بينها وبين القصيبات . تظل حيه ما دام الخشب نشط وعند موتها تتحول الى التدعيم كما تحتوى الخلايا على مواد مخزنه كالنشا والمواد الكربوهيدراتيه بالاضافه الى التنينات - والراتنجات والبللورات .

ويؤدى تخزين وتحلل المواد النشويه الى المساعده فى سريان وتدفق العصارات حيث تتراكم النشويات عند نهايه فصل النمو او النشاط ثم تتحلل عند بدايته فى الفصل التالى فيعمل ذلك على زيادة الضغط الاسموزى فى العناصر الناقله .

وتختلف اماكن تواجد برنشيمه الخشب فمنها ما يتناثر بين العناصر الخشبيه ومنها ما يتجمع حول الاوعيه ومجموعه اخرى ترافق عناصر الخشب التى تظهر فى اخر فصل النمو .

ثانيا : الخشب الثانوى

يكون الخشب الثانوى الجزء الاكبر عادة من النسيج الدعامى فى النباتات وله اهميه بالغه فى رفع النبات الى اعلى وحفظه قائما بالاضافه الى وظيفته التوصيليه . كما يقوم بتثبيت النبات فى الارض علاوة على ان خلاياه الحيه مكان لتخزين كميات كبيره من الغذاء .

تركيبه : -

يتكون الخشب الثانوى من كتله متماسكه من الخلايا الغليظه فى جدرها وتنتظم فى اتجاهين - الاول قائم وممتد على محور النبات .. وخلايا هذه المجموعه مستطيله متراكبه ومتماسكه ومكونه من العناصر الناقله والألياف مع صفوف طوليه من الخلايا البرنشيميه ومجموعه اخرى من الخلايا تكون فى اتجاه عمودى على الاتجاه الاول تتكون من خلايا برنشيميه ممتده افقيا وتعرف بأسم اشعه الخشب وهذه الاشعه تنشأ من الكمبيوم ويعتمد طول الشعاع الواحد على الزمن المنقضى منذ نشأتها وسرعه نمو الانسجه الثانويه .

ويختلف تركيب الخشب فى النباتات المختلفه فيلاحظ فى عاريات البذور ان الخشب متناسق فى تركيبه يتضمن انواعا قليله من الخلايا وقد يقتصر على القصيبات

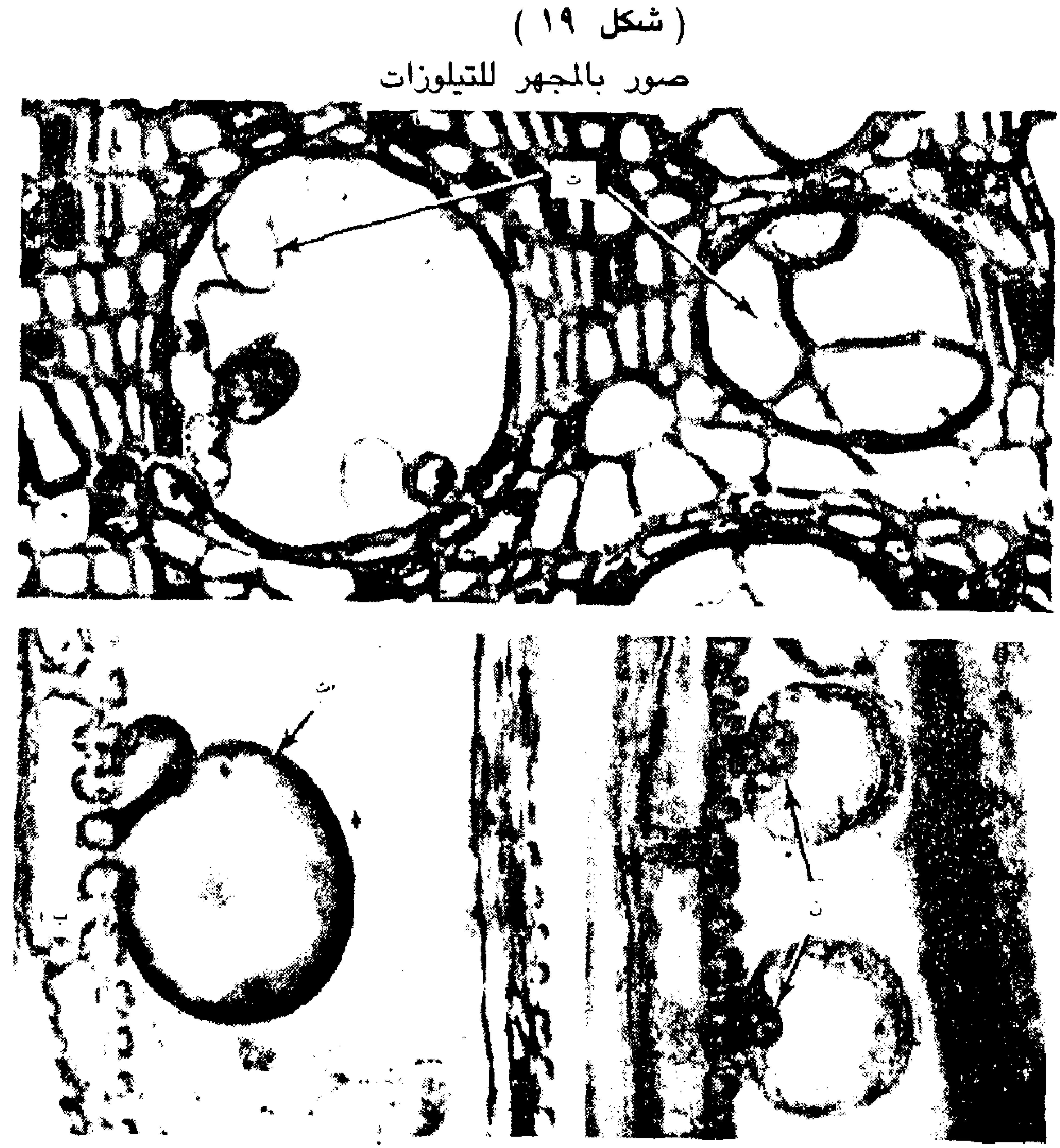
مع اشعه الخشب . اما فى نباتات كاسيات البذور والتى تتميز بوجود الاوعيه فإن الخشب يتضمن عددا من انواع الخلايا كالأوعيه والقصيبات والقصبات الليفيه والالياف ذات الانواع المختلفه وخلايا برانشيمه الخشب ... وقد توجد جميعا فى نبات ويوجد بعضها فى نبات آخر .

وقد تنشأ من البرانشيمه نموات داخل تجويف العناصر الناقله وتعمل على انسدادة تسمى " تيلوز " Tylosis وقد يتكون عده تيلوزات Tyloses من عدة خلايا برنشيميه وقد تحدث هذه التراكيب فى الخشب الابتدائى والثانوى ولكنها من الصفات البارزه للخشب الثانوى وخاصه مغطاه البذور عند التحول من مرحله الخشب الرخو الى الخشب الصميمى .

وقد ينشأ التيلوز فى الاجزاء المحيطه بالجروح التى تصيب الاجزاء الخارجيه من الخشب عند سطح الجزع ، او فى المناطق التى قطعت منها الفروع قد يتكون بعد قطع الاشجار وسقوطها على الارض وايضاً عند سقوط الاوراق كما انه قد ينشأ طبيعياً فى النبات .

(شكل ١٩)

صور بالمجهر للتيلوزات



ت : تيلوزات   ن = نواه الخليه البارنشيميه   ب = الخليه البارنشيميه

ومن اسباب حدوثه اختلاف فى ضغوط الخلايا على جانبى غشاء النقره او توقف سريان العصاره .

تكوين التيلوز : -

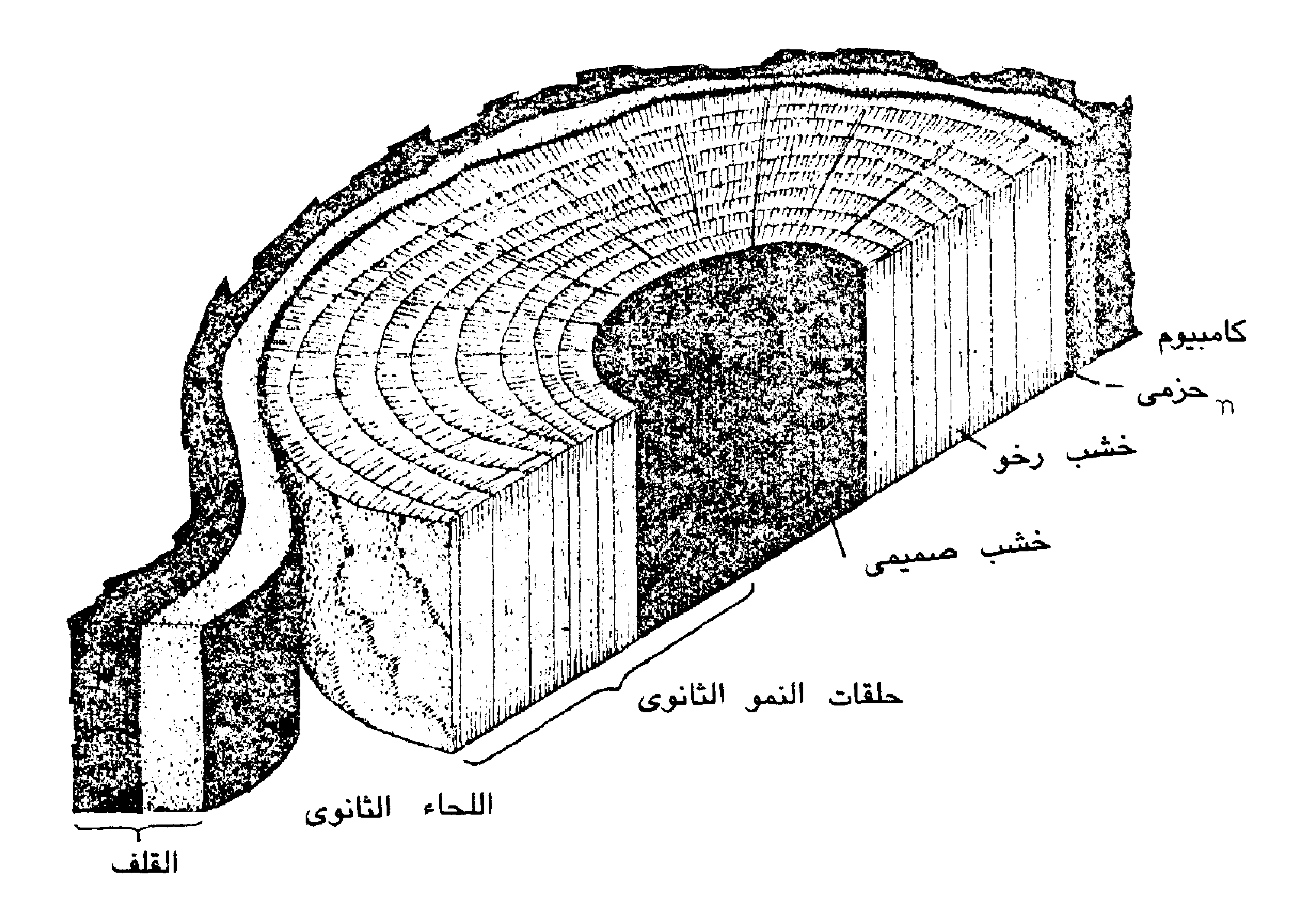
ينشأ التيلوز بتمدد الاغشيه فى النقر نصف المضفوفه التى تقع على جدران اوعيه الخشب او قصيباتها من ناحيه وبرانشيمه الخشب او خلايا اشعه الخشب من ناحيه اخرى وينمو هذا الغشاء مندفع إلى فراغ الخليه غير الحيه ثم ينتقل إلى هذا الانتفاخ جزء من السيتوبلازم وربما النواه . ويكون التيلوز صغيراً او يكبر فى الحجم وقد يتجمد او يتهدل فى الخشب الصميمى . وإذا وجد عدد من التبلوزات فقد تتصل ببعضها من خلال النقر .

فوائده

يساعد وجود التيلوز على الحمايه من الفطريات بمنع دخول خيوطها كما يمنع دخول او يقلل من سريان دخول الماء والهواء الى الاوعيه واذا وجد التيلوز فى نوع ما من الاخشاب صلح هذا النوع لحفظ السوائل حيث الاوعيه تصبح مصمته (كالبلوط الابيض بعكس البلوط الأحمر) .

الخشب المبكر والخشب المتأخر Early wood and late wood

ان الانسجه التى تتكون فى الفتره الاولى من موسم النمو تسمى خشب مبكر او الخشب الربيعى ويحتوى هذا النوع على خلايا واسعه وقله فى الألياف . اما الخشب النامى فى فتره متأخره فيسمى الخشب المتأخر او الصيفى . ويكون النوعان ما يعرف بأسم حلقه سنويه ضيقة داخليه هى الخشب المبكر وطبقه خارجيه هى الخشب المتأخر ولا يوجد خط يفصل الجزئين لانهما متصلان ولكن الخط واضح بين الخشب المتأخر لسنه ما والخشب المبكر للسنه التاليه وهو الخط الذى يحدد الحلقات السنويه او حلقات النمو Annual or Growth Rings وتمثل كل حلقه الزيادة الموسميه الحادثه فى سنه واحده . وتظهر كحلقات متتابعه فى القطاع العرضى . ويختلف عرض حلقه النمو اذ يعتمد على سرعه نمو الاشجار كما يتأثر النمو بعوامل عديدة . ففى المواسم الملائحه تتكون الحلقات عريضه والعكس فى المواسم الغير مناسبه للنمو . كما ان سقوط الاوراق اثناء موسم النمو او حدوث تغير مفاجىء فى ظروف النمو كالتقليم الشديد او التسميد او عدم انتظام الرى او زيادة الضوء بقطع الاشجار المجاوره مثلا .. كلها ظروف تؤثر على حلقات النمو التى تمثل سجلا لتاريخ حياه الشجره والعوامل المؤثرة عليها .



ومثل هذه التغيرات السابق ذكرها لا تكون هى الاصل ولكنها ظروف غير عاديه وعلى ذلك فإن الحلقات المتكونه تسمى بالحلقات الكاذبه False Annual Ring

الخشب الرخو والخشب الصميمى (Heart Wood and Sap Wood (Alburnum

يستمر الخشب فى تأديه وظيفته فى التوصيل طالما ان عناصره تحتوى على خلايا حيه .. ثم يتوقف عن التوصيل ويتحول الى الوظيفه الثانيه فقط الا وهى التدعيم وذلك عند توقف النشاط الحيوى وعليه فقد قسم الخشب الى نوعان الاول وهو القائم بالتوصيل مع التدعيم وتخزين الغذاء وسمى الخشب الرخو Sap Wood (Alburnum) اما النوع الثانى القائم بالتدعيم فقط فيسمى الخشب الصميمى Heart Wood ويمكن اجمال التغيرات الحادثه عن التحول من الرخو الى الصميمى فى الآتى : -

١ - تفقد الخلايا مادتها الحيه ويذهب عصيرها الخلوى .
٢ - تفقد الجدران كثيرا من مائها .
٣ - تنتقل المواد الغذائيه المخزنه فى الخلايا الحيه الى اجزاء اخرى من الخشب الرخو النشط .

٤ - يتكون التيلوز فى انواع الخشب ذات التيلوز .
٥ - الخلايا البرانشيميه ذات التلجنن الجزئى يزداد تلجنن جدرها .
٦ - يتكون فى الخلايا او تسرى اليها مواد كيميائيه جديده كالزيوت والاصماغ والراتنج والمركبات التانينيه ، ومختلف المواد الملونه والعطريه .
٧ - تثبيت اغشيه النقر فى اوضاع تعلق بها النقر اى ان النشاط الوظيفى يتوقف ويصبح الخشب عمودا دعاميا مصمتا والخشب الصميمى فى بعض الاشجار يبقى مبتلا Wet heart Wood اى مشبعا بالماء او يكون جافا ويتميز الخشب الصميمى بعد حدوث هذه التغيرات بقدرته على البقاء والاحتمال وقله المواد الغذائيه المخزنه وتكون التيلوز وبالتالى قله الاصابه بالفطريات والبكتريا وكذلك قله نفاذيته للماء مع وجود الوان مناسبه ورائحه مرغوبه وعليه فإن اهميته الاقتصاديه اعظم من الخشب الرخو الذى يدخل فى بعض الصناعات الخاصه وكذلك قابليته للتلوين .

٢ - اللحاء Phloem

ان الوظيفه الرئيسيه للحاء وهى توصيل المواد الغذائيه المجهزه بروتنيه كانت او كربوهيدراتيه وان زياده الكفاءه فى التراكيب لتأديه وظيفته تنتج من ترتيب الخلايا فى صفوف طوليه بطريقه مماثله .. ووحداته تسمى الانبوبه الغرباليه وتختلف مكونات اللحاء بأختلاف النباتات ان كانت من كاسيات البذور او معراتها ..

ففى كاسيات البذور يتكون اللحاء من : -
١ - انابيب غرباليه Sieve tube
٢ - خلايا مرافقه .
٢ - اسكرنشيميه لحاء .
٤ - برنشيمه لحاء .

اما معراه البذور تتكون من :
أ - خلايا غرباليه Sieve Cells .
ب - الياف .
جـ - برنشيمه لحاء .

وكلا من الانابيب الغرباليه والخلايا المرافقه يطلق عليها العناصر الغرباليه Sieve elements ويلاحظ عدم احتواء اللحاء فى معراه البذور على خلايا مرافقه .

ولتسهيل الدراسه سنتولى وصف كل على حدة : -

١ - العناصر الغرباليه Sieve elements .

العناصر الغرباليه كما سبق القول اما ان تكون انابيب فى مغطاه البذور أو خلايا فى معراه البذور .. وكلاهما يتكون من خلايا حيه وتتماثل فى التركيب الاساسى والوظيفه ويختلفان فى ان الخلايا الغرباليه ليست مرتبه فى صفوف كالانابيب الغرباليه وان كان كلاهما عبارة عن خلايا مستطيله حيث جدرها سليلوزيه رقيقه ذات جدر ابتدائيه تتكون اساسا من السليلوز وتحتوى على نسبه عاليه من الماء واذا تكون جدار ثانوى لا يتلجنن . يحتوى البروتوبلاست على فجوه مركزيه كبيره وعلى طبقه محيطيه رقيقه من السيتوبلازم وتختفى النواه عندما تصل الخليه الى اكتمال النضج ويوجد بالسيتوبلازم بلاستيدات عديمه اللون تقوم فى بعض النباتات بتجميع النشا او مواد مماثله كما تحتوى الفجوه فى بعض ذوات الفلقتين على مواد مخاطيه ذات طبيعه بروتينيه تنشأ كأجسام تسمى Slime bodies او تسمى الاجسام البروتينيه P- Protien bodies تعمل هذه الاجسام او نواتجها بعد التجزئه على منع المرور السريع للمواد الاغذائيه المجهزه فى الاوراق ووصولها بسرعه الى الجذور دون الاستفاده منها فى باقى اجزاء النبات مما يؤدى الى نقص غذائى ويساعد فى هذه العمليه ما يعرف بالكالوس الذى سيأتى شرحه بعد قليل .

اما اسباب حدوث هذا الانسداد فانه يرجع الى حدوث خلل فى الضغط المائى داخل خلايا الانابيب الغرباليه مما يؤدى الى سرعه مرور الغذاء المجهز الى اسفل .

اما عن تكوين الاجسام البروتينيه فانها تتكون اثناء تكوين خلايا الانابيب الغرباليه وهى مختلفه الاشكال ولكن الشكل الانبوبى هو الاكثر شيوعا وعند تمام تكوين هذه الاجسام داخل الخليه تحدث تغيرات منها اختفاء النواه وتحلل الغشاء البلازمى الفجوى وتختلف مكونات الفجوه العصاريه بالسيتوبلازم مما يؤدى الى زيادة تميوء السيتوبلازم كما يتغير شكل الشبكه الاندوبلازميه ثم يتبع ذلك تفتت الاجسام البروتينيه الى اجزاء صغيره وتتوزع فى السيتوبلازم .

المساحات او الصفائح الغرباليه :

المساحات الغرباليه هى مساحات فى الجدر العرضيه او الجانبيه للانابيب الغرباليه توجد بها مناطق مثقبه ويطلق عليها المساحات الغرباليه او المسطحات الغرباليه Sieve areas ويسمى الجدار المثقب نفسه صحيفه غرباليه Sieve Plate تمر من خلال هذه الثقوب خيوط سيتوبلازميه تصل بين بروتبلاست الوحدات الغرباليه

بعضها ببعض ويطلق عليها Cytoplasmic Strands واذا احتوى المسطح الغربالى على صفيحه غرباليه واحده كانت صفيحه غربالية بسيطه Simple اما اذا احتوى الجدار المائل بدرجه كبيره على عدة مسطحات غرباليه اطلق عليه صفيحه غرباليه مركبه Compound Sieve Plate وتشاهد فى ساق نباتى العنب والدخان .

كالوس اللحاء Calluse

يتكون كالوس اللحاء من مواد كربوهيدراتيه تعطى جلوكوز عند تحللها تسمى كالوز Callose وتوجد هذه المادة حول الخيوط السيتوبلازميه التى تمر من خلال الثقوب وبزيادة عمر الوحدة الغرباليه يزداد ترسيب الكالوس حول الخيوط .. وقد يؤدى ذلك الى تغطيه الصفائح الغرباليه وانسداد الثقوب واختفاء الخيوط . وفى الربيع حيث يعاود اللحاء نشاطه تذوب اجزاء ماده الكالوس فتفتح الثقوب وتتكون الخيوط السيتوبلازميه من جديد .

٢ - الخلايا المرافقه

هى خليه برنشيميه من طراز متخصص وثيقه الصله من حيث المنشأ والموضع والوظيفه بعناصر الانبوبه الغربالية وتوجد فى كاسيات البذور فقط وهى تصاحب معظم عناصر الانابيب الغرباليه وقد يفتقر اللحاء الاول احيانا الى الخلايا المرافقه - كما انها قد تكون نادرة الوجود فى اللحاء الابتدائى والثانوى المبكر .

تحتوى الخلايا المرافقه على قدر كبير من السيتوبلازم الحبيبى ، نواه ظاهره تبقى طول حياه الخليه وهى لا تحتوى على نشا فى اى وقت من الاوقات وتعيش طالما الانبوبه الغرباليه حيه وتبدو فى القطاع العرضى مثلثه الشكل او مستديره او قائمه الزوايا تتكون الخلايا المرافقه بالانقسام الطولى للخليه الاميه لوحده الانبوبه الغرباليه وذلك قبل ان يبدأ تخصص هذه الخليه . وقد تتحول احدى الخليتين الحديثتين الى خليه مرافقه وتصبح الاخرى وحده انبوب غربالى وقد تنقسم الخليه المرافقه مرات اخرى تكون مزيدا من الخلايا المرافقه .

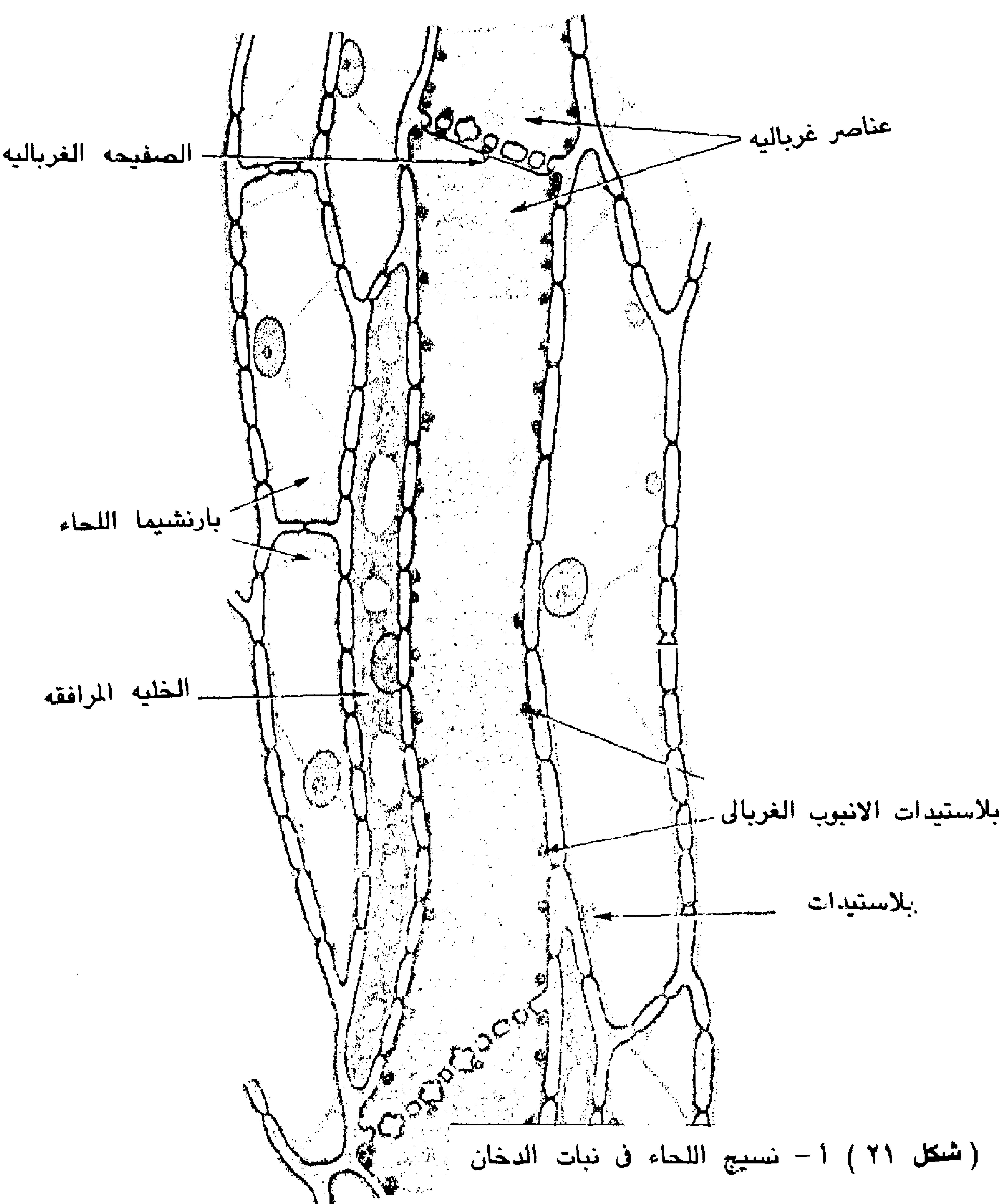
٣ - برنشيمه اللحاء

تقوم هذه الخلايا بأختزان المواد النشويه والدهنيه وبعض المواد مثل التانين والراتنج وهى ذات اشكال مختلفه مستطيله او عديدة الاسطح او اسطوانيه . جدرها سليلوزية رقيقه تحتوى على كثير من الحقول النقريه وتوجد خلايا برانشيميه اما فى نظام طولى كما فى الخشب الثانوى وتعرف بأسم برانشيمه اللحاء او توجد فى وضع

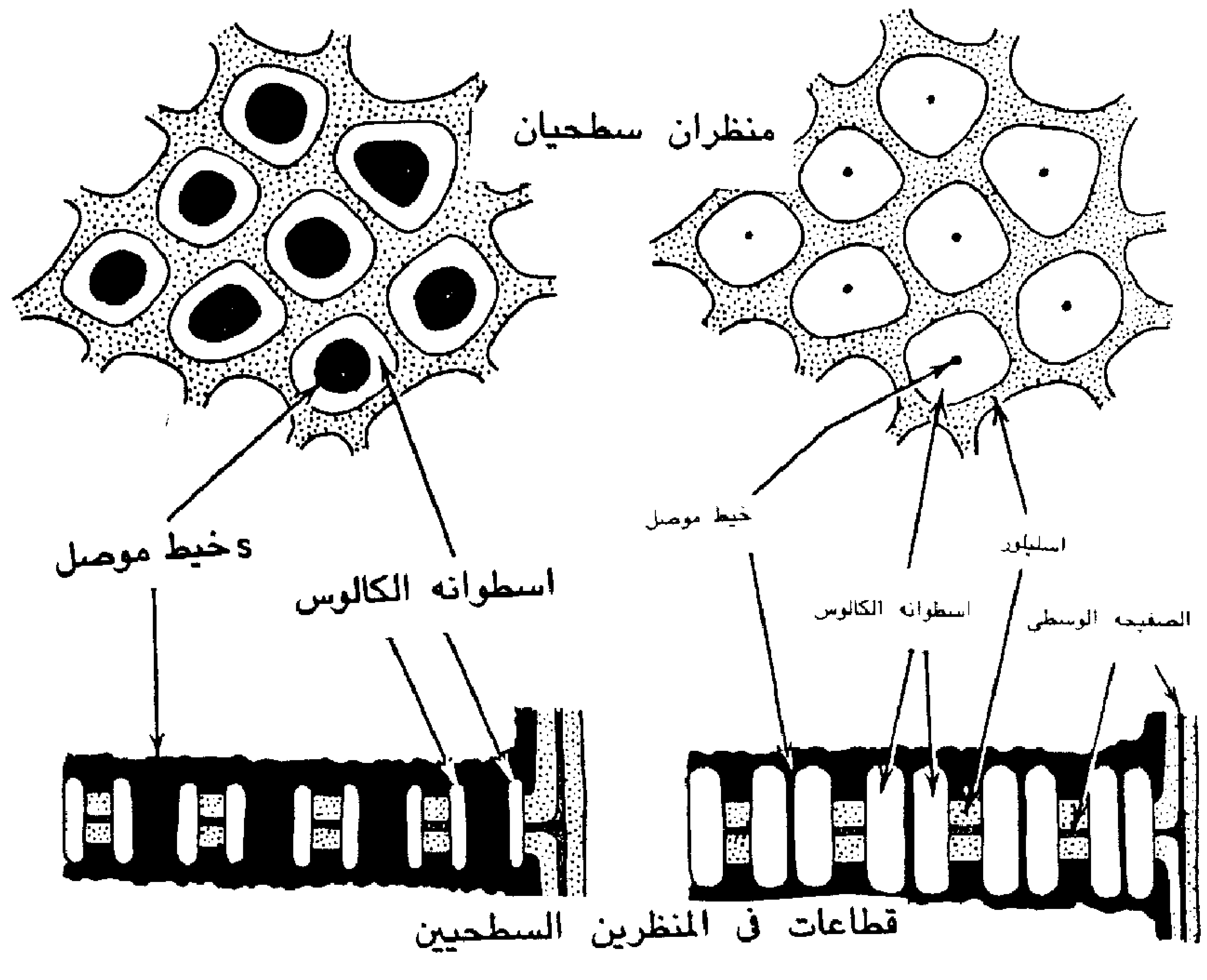
قطرى فتسمى خلايا اشعه اللحاء قد يخلو اللحاء من البرانشيمه كما فى نباتات الفلقه الواحده ولكنها قد توجد فى المحيط الخارجى .

٤ - الياف اللحاء

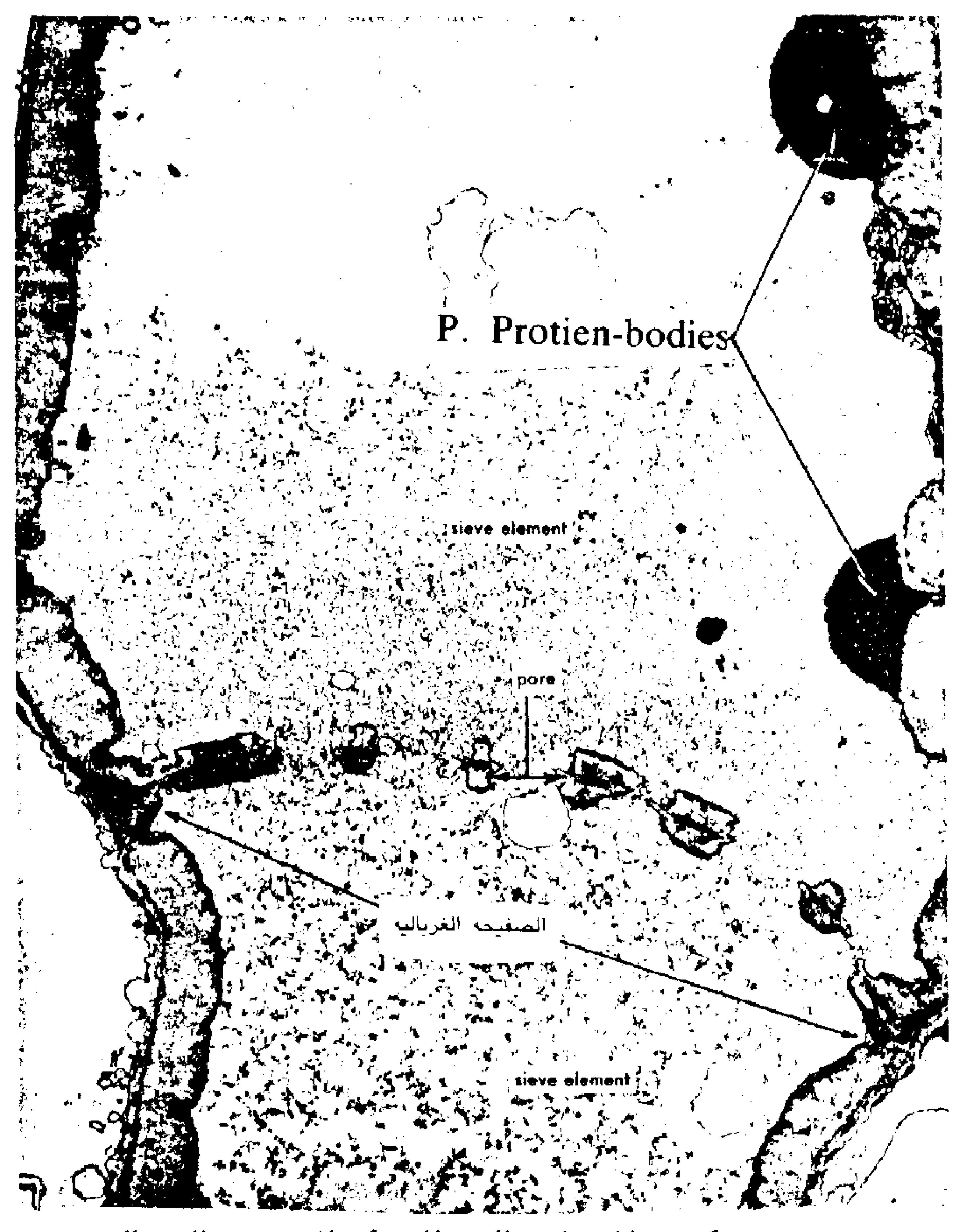
سبق وصفها عند دراسه الألياف وهى توجد فى لحاء كثير من النباتات البذريه وفى ذوات الفلقتين لا توجد فى اللحاء الثانى ولكنها توجد فى اللحاء الاول والثانى وفى ذوات الفلقه الواحده تكون الألياف غلافاً حول الحزم .



(**شكل ٢١**) أ - نسيج اللحاء فى نبات الدخان



قطاعات فى المنظرين السطحيين



ب – تركيب المسطح الغربالى فى الانبوبه الغرباليه

الحزم الوعائية Vascular Bundles

تنتظم الانسجه الوعائية من خشب ولحاء فى تراكيب خاصه تعرف باسم الحزم الوعائية وتعرف الحزمه الوعائيه بانها عبارة عن جزء شريطى من الجهاز الوعائى . ويختلف وضع كل من الخشب واللحاء بالنسبة لبعضهما وعلى ذلك توجد الانواع التاليه من الحزم .

١ - الحزم الجانبية Collateral bundles

وفيها يوجد الخشب واللحاء متجاوران ويكون اللحاء على الجانب الخارجى للخشب فى السوق وناحية السطح السفلى فى الاوراق .

٢ - الحزم ذات الجانبين Bicollateral bundles

قد يوجد الخشب بين لحائين احدهما خارجى والاخر جهة الداخل كما فى العائله القرعيه وغيرها وبذلك تترتب الانسجه فى الحزمة من الخارج الى الداخل كالاتى : لحاء خارجى - كامبيوم - خشب تانى - خشب اول - ثم لحاء داخلى .

٣ - الحزم المركزية Concentric bunles

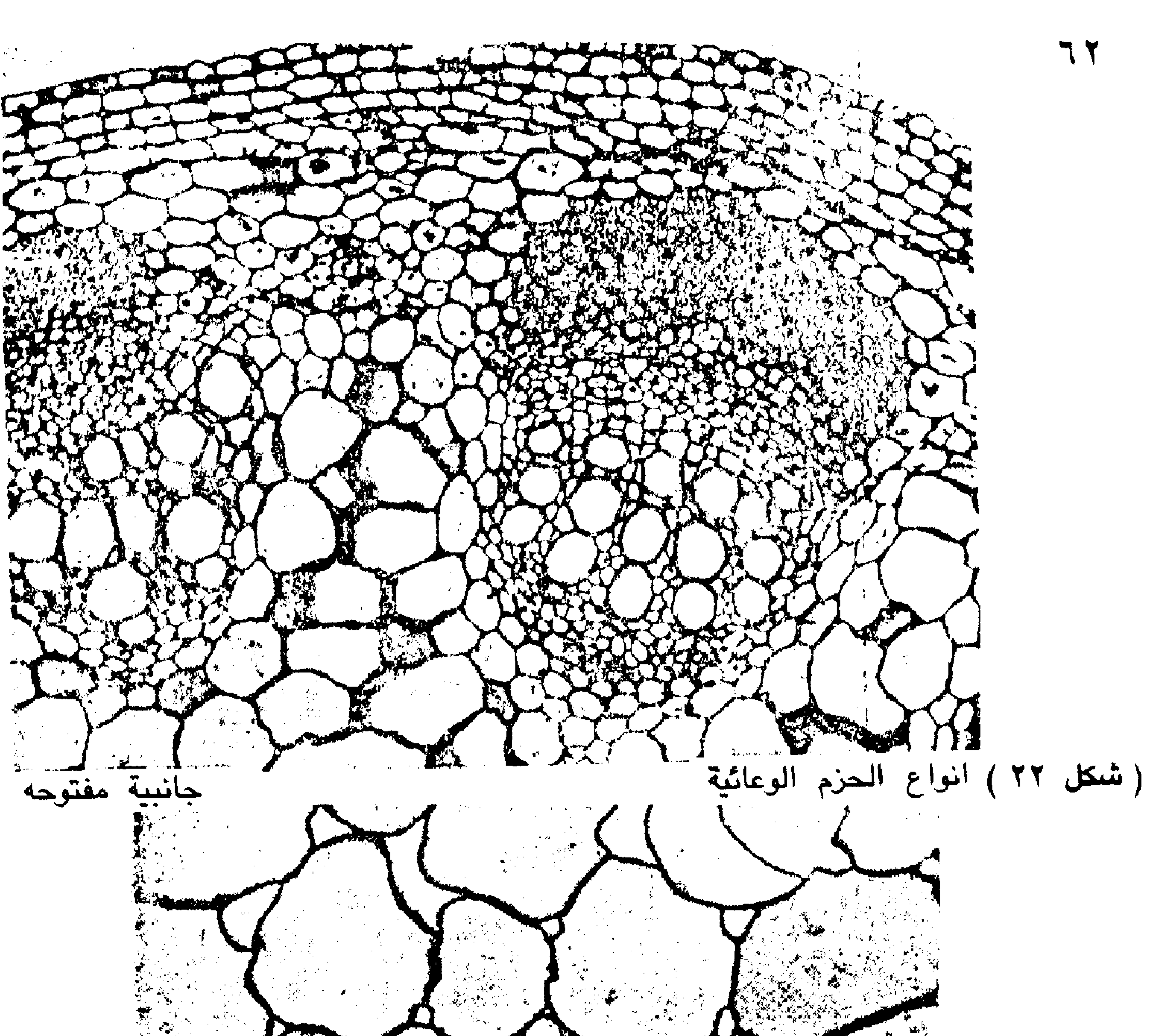
وتسمى مركزيه اذا شغل احد مكوناتها مركز الآخر الذى يحيط به فنجد حزمه مركزيه الخشب وفيها يوجد الخشب فى مركز اللحاء كما فى بعض النباتات السرخسيه .

وحزم اخرى مركزيه اللحاء وفيها يتوسط اللحاء مركز الخشب كما فى نبات الدراسينا .

٤ - الحزم القطريه Radial bundles

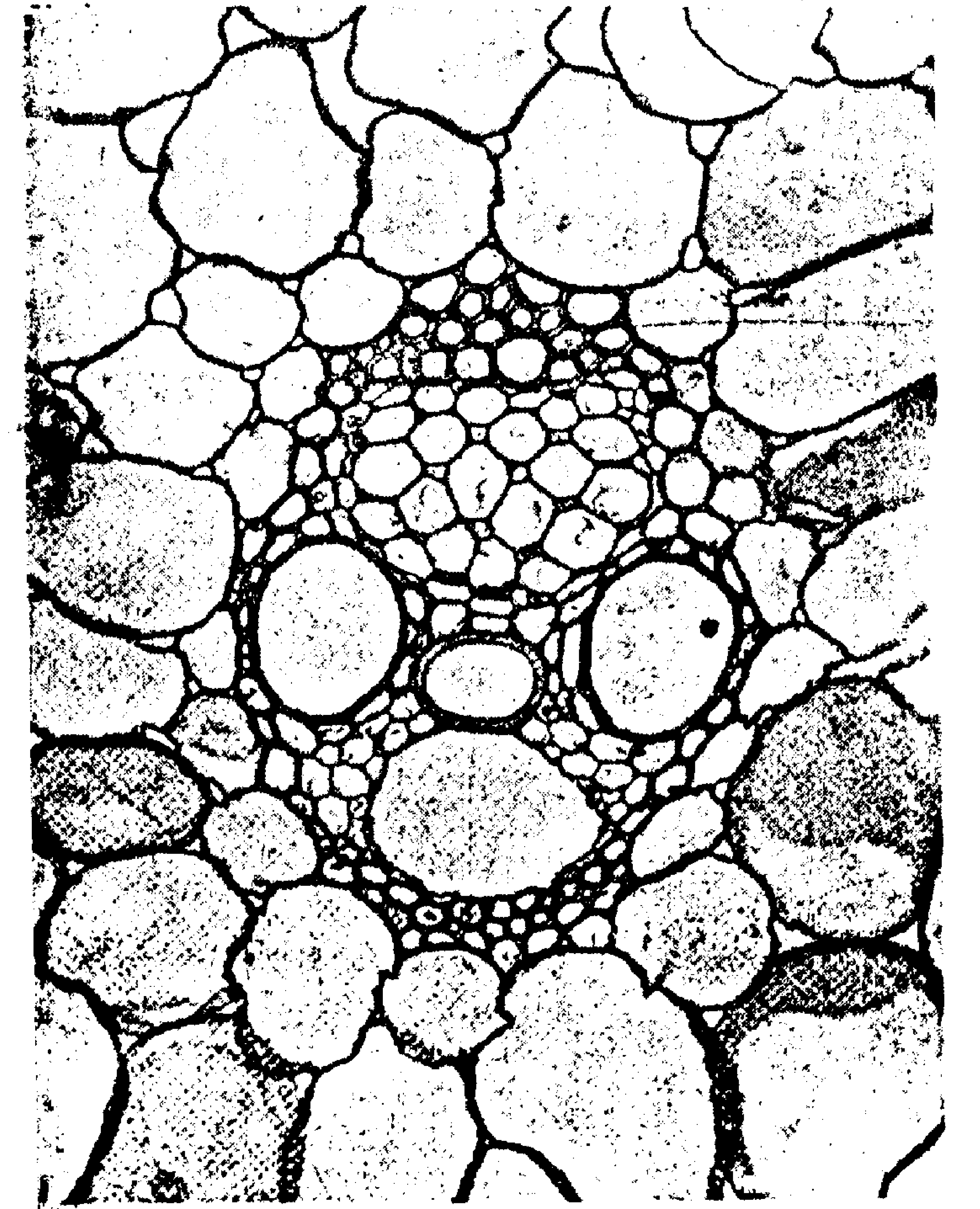
توجد فى الجذور ، وفيها يترتب الخشب واللحاء قطريا فى مجاميع متبادله كل منها على نصف قطر مستقل عن الاخر ويتساوى عدد اذرع الخشب مع عدد مجاميع اللحاء المتبادله معها .

وفى النباتات ذوات الفلقتين يكون عدد اذرع الخشب من ٢ : ٦ بينما فى ذوات الفلقه الواحده فهى عديده تصل الى عشرين او أكثر .

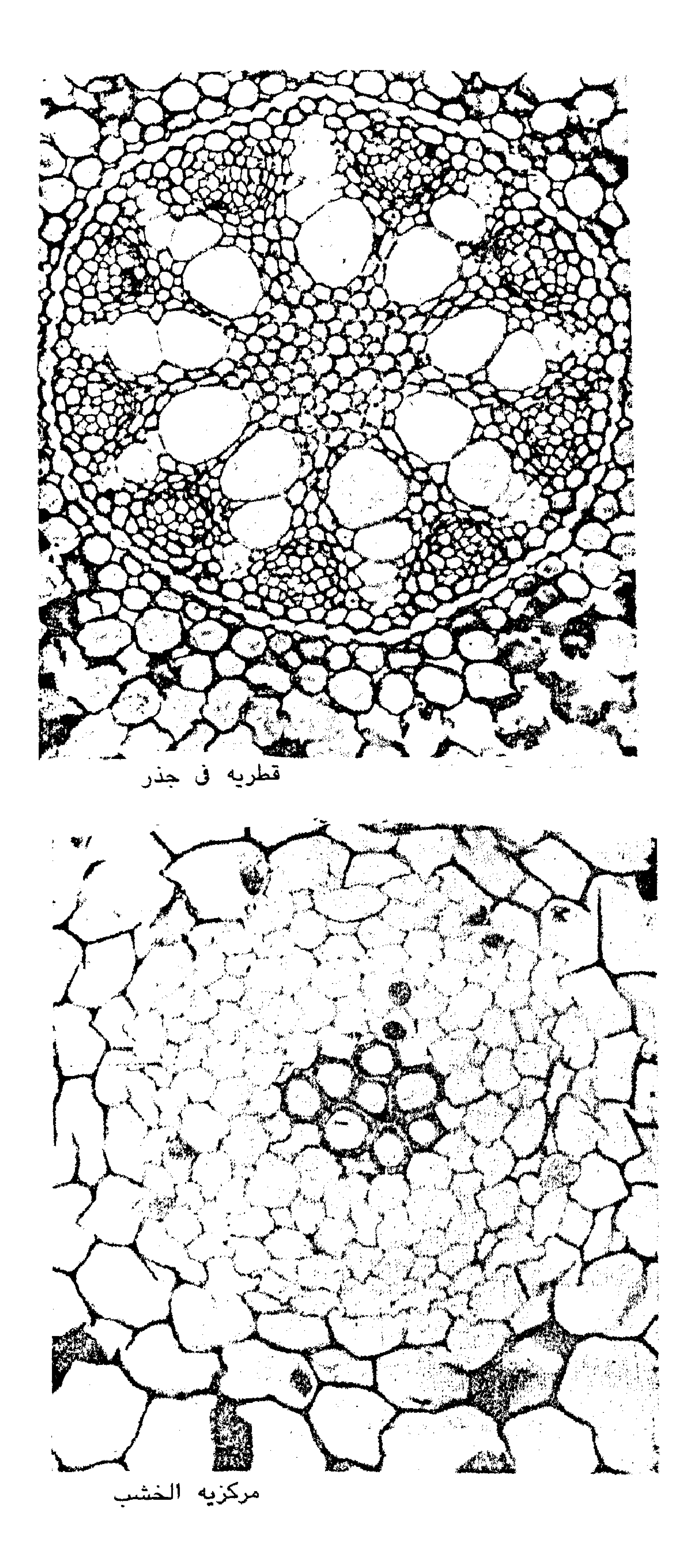


(شكل ٢٢) انواع الحزم الوعائية

جانبية مفتوحه



جانبيه مقفله



قطريه فى جذر

مركزيه الخشب

الاجهزه النسيجيه Tissue Systems

كل انسجه النبات التى تؤدى وظيفه واحده عامة ، بغض النظر عن موضعها واتصالها داخل الجسم ، تكون فى مجموعها جهازا نسيجيا ويعتبر تجميع الانسجه فى اجهزه نسيجيه من الوجهه الشكليه ملائما فى بعض الاحيان . ولابد ان يكون الجهاز النسيجى من الناحية الشكليه مركب من خلايا ممتده بلا انقطاع داخل جسم النبات كله ، او خلال جزء منه .

والبشره والجهاز الوعائى جهازان نسيجيان على درجه من التناسق والتواصل فى التركيب وعلى درجه من المثابره فى تأديه الوظيفه ، بحيث يكونان فى جسم النبات صورا تركيبه ضخمه وهامه – والجهاز الوعائى ستتعرف عليه من خلال دراسه الانسجه المركبه اما البشره والبيريدرم فإن النبات الراقى فى حاجه اليهما لحمايه انسجته الداخليه وخاصة الاجزاء التى تتعرض للرياح والامطار والعوامل الجويه والحيويه ويتكون هذا الجهاز الذى يطلق عليه بالجهاز الضام من الطبقه أو الطبقات الخارجية التى تحيط بالنبات فنجد البشره حول السوق والجذور الحديثه والاوراق . والبريدرم والقلف حول السوق والجذور المسنه .

١) البشره Epidermis

وهى طبقه أو اكثر من الخلايا السطحيه التى تحيط بالسوق والاوراق والجذور الحديثه والازهار والثمار والبذور ومن وظائفها حماية الانسجه الداخليه . تنظيم فقد الماء عن طريق الثغور وخلاياها ، قد تشارك فى عمليات البناء الضوئى فى بعض النباتات المائيه المغموره ونباتات الظل . وقد تشترك فى تخزين الماء وخاصة فى النباتات الصحراوية . وفى الجذور الحديثه فوظيفة البشرة امتصاص الماء والاملاح الذائبه فيها ويعتبر الجدار الخارجى لخليه البشرة اهم اجزائها من الناحية الفسيولوچية اذ يتكون عادة من ثلاث مناطق مميزه ، الداخلية منها والمجاورة لتجويف الخلية تتكون اساسا من السليلوز يليها طبقه اخرى تحتوى على نسب مختلفه من الكيوتين والطبقة الاخيرة تحتوى على نسبه كبيره من الكيوتين وتسمى الاديم Cuticle وفى الجدر السميكه كما فى اوراق الصبار توجد الثلاث انواع .

وفى بشرة البصل تظهر الطبقات السليولوزيه سميكه نوعا لعدم وجود الطبقه الوسطى المحتويه على نسبه قليله من الكيوتين .

وقد يوجد على السطح الخارجي خلايا مغطاه بمواد شمعيه بالاضافه الى الادمة وهذه تساعد على تقليل أو منع التبخير وتنمع البلل للاسطح الخارجيه كما فى ثمار العنب والبرقوق والموز وكثير من اوراق الصبار وغير ذلك .

ويوجد على بشره معظم النباتات زوائد مختلفه الاشكال فتتكون من خليه واحدة او عدة خلايا نضرب امثله منها :

١) من خليه واحده على شكل حلمه فى البشره العليا لبتلات البنفسج والبانسيه والجارونيا وهى تعطى الملمس القطيفى .

٢) من خليه واحدة مفرده كما فى الجارونيا . او متجمعه فى البلوط .

٣) شعيره بسيطه متفرعه فى المنتور .

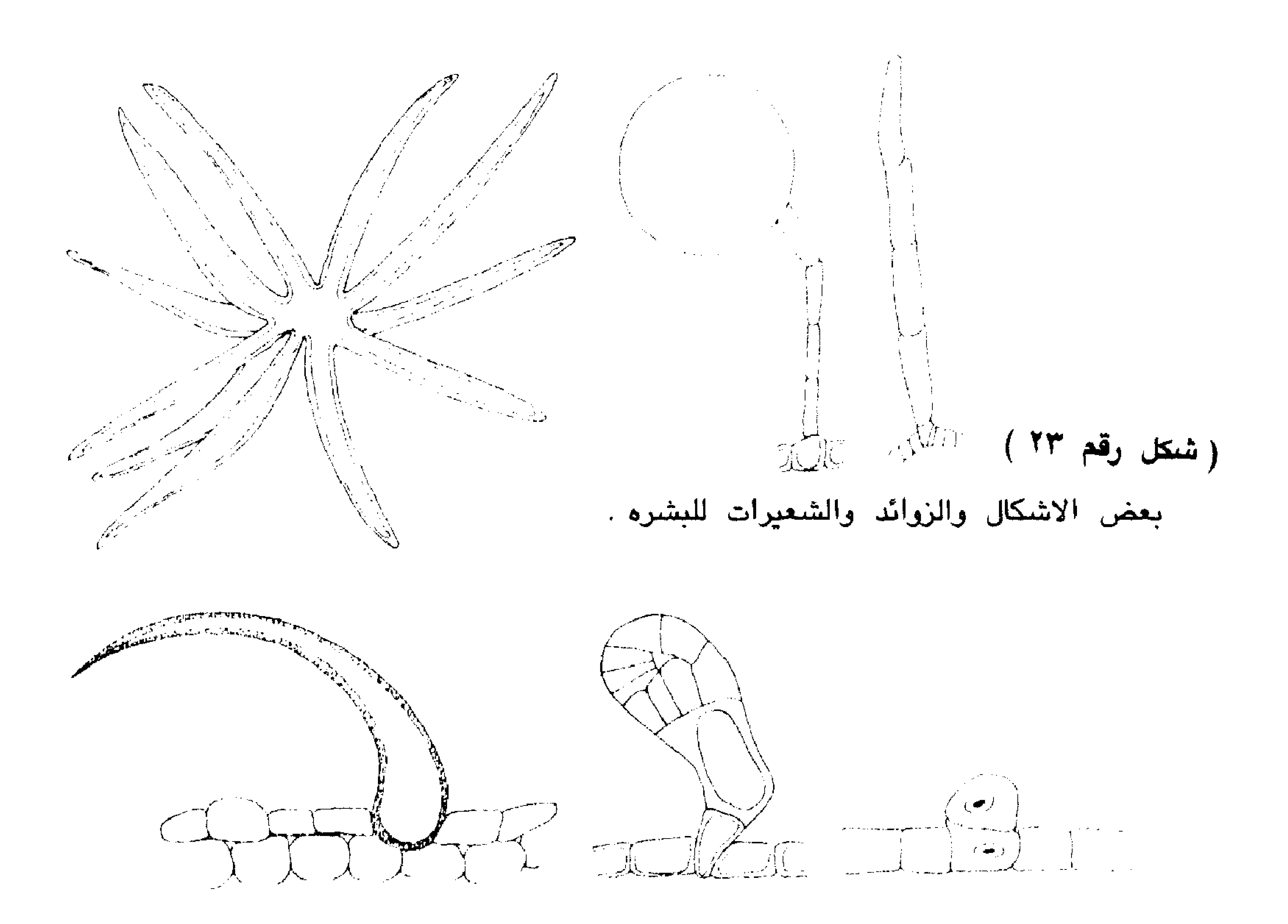
٤) شعيره وحيده الخليه تحمل على قاعده عديده الخلايا وهذه تشاهد فى الشعيره اللاسعه لنبات الحريق Urtica وهى تستدق تدريجيا حتى يصبح طرفها مدببا ينتهى بمثانه سهله الكسر . تحتوى جزء العلوى من جدار الشعيره على ماده السيليكا اما الجزء السفلى فهو كلسى . وتوجد بالشعيره فجوه عصارية تحتوى على سائل لاسع ، تنكسر المثانه العلويه عند الاحتكاك ويصبح طرف الشعيره مدببا حادا يخترق جسم الحيوان .

٥) قد تأخذ الشعيرات شكل الحراشيف وتكون متصله بالقشره السفلى للاوراق وتغطى بعضها بعضا كما فى نصل اوراق الزيتون .

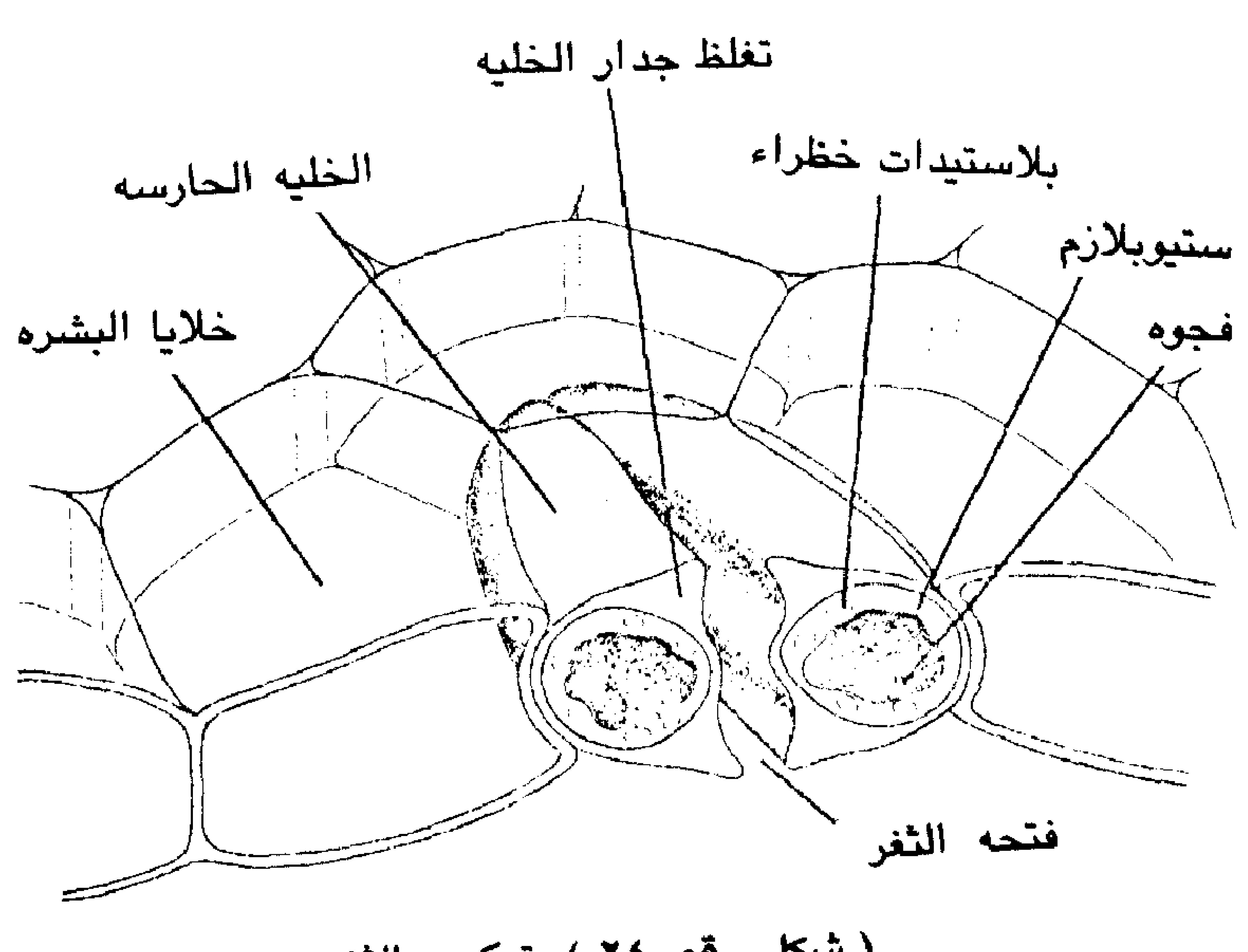
٦) النتوءات وقد تكون نتوءات غديه كالموجوده فى البانسيه او نتوءات شوكيه كالتى توجد اسفل الاشواك الكبيره الموجوده فى التين الشوكى .

الثغـــور Stomata

يعتمد النبات على التبادل الغازى فى اداء بعض وظائفه الحيويه مثل التنفس والبناء الضوئى ، والنتح . لذلك كان من الضرورى توصيل جهاز التهويه فى النبات بالهواء الجوى الخارجى وذلك عن طريق ثقوب ضيقه تخترق البشره بغزاره على سطح الاوراق والسوق الغضه وذلك فى الاجزاء الهوائيه الخضريه من النبات ، فمثلا يحتوى الملليمتر المربع من بشرة ورقة عباد الشمس على ٣٢٠ ثغر ويختلف عددها من نبات لأخر ولا توجد ثغور فى الجذور ولا فى الاجزاء الارضيه الخاليه من الكلورفيل الا انها قد توجد فى السوق الريزوميه رغم وجودها تحت سطح الارض . كذلك توجد فى البتلات الملونه والاسديه والمتاع ويطلق الثغر على فتحه الثغر ، الخليتين الحارستين والخليتين المساعدتين . وهذه الخلايا من خلايا البشره .



(شكل رقم ٢٣)
بعض الاشكال والزوائد والشعيرات للبشره .



(شكل رقم ٢٤) تركيب الثغر

٢ - البريدرم Periderm

البريدرم عباره عن انسجه واقيه بدلا من البشره التى تتمزق وعليه فانه يشاهد فى الاعضاء التى تتلغظ فى السمك . كما ان البريدرم قد يتكون بعد انفصال الاوراق والافرع عن النبات كذلك حول الانسجه المريضه او الميته واسفل الجروح خاصة الجروح العميقه ويسمى بريدرم الجروح Wound Periderm ويتكون البريدرم من :

أ) الكامبيوم الفلينى Phellogen

وهذا النوع من الانسجه الانشائيه يعطى نسيجا هاما يسمى البريدرم . وفى الجذور المسنه ينشأ من البيريسيكل ، اما فى السوق فينشأ من البشره او القشره أو اللحاء الثانوى ويعطى للخارج نسيج الفلين الواقى وللداخل خلايا القشرة الفلينية وتعرف جميعها البيريدرم Periderm

ب) الفلين : Phellem

يتكون الفلين من انقسام الكامبيوم الفللينى جهه الخارج فتنتج بذلك صفوفا متتاليه ذات خلايا ميته وهذه الطبقه تمنع مرور السوائل والغازات وتقى النبات من الحراره والرطوبه والطفيليات . ويغطى الفللين معظم الثمار والدرنات .

ج) الفلليودرم Phelloderm

وهذه الطبقه تنشأ من انقسام الكامبيوم الفللينى جهه الداخل . وخلاياها حيه وقد يخزن بها النشا .

القلف Phytidome (Bark)

هو البريدرم مضافا اليه القشره الخارجيه والبشره حيث تجف خلاياهما وتموت بسبب عزلها بالفللين وهو نوعان :

١ - قلف حرشفى Scale- bark

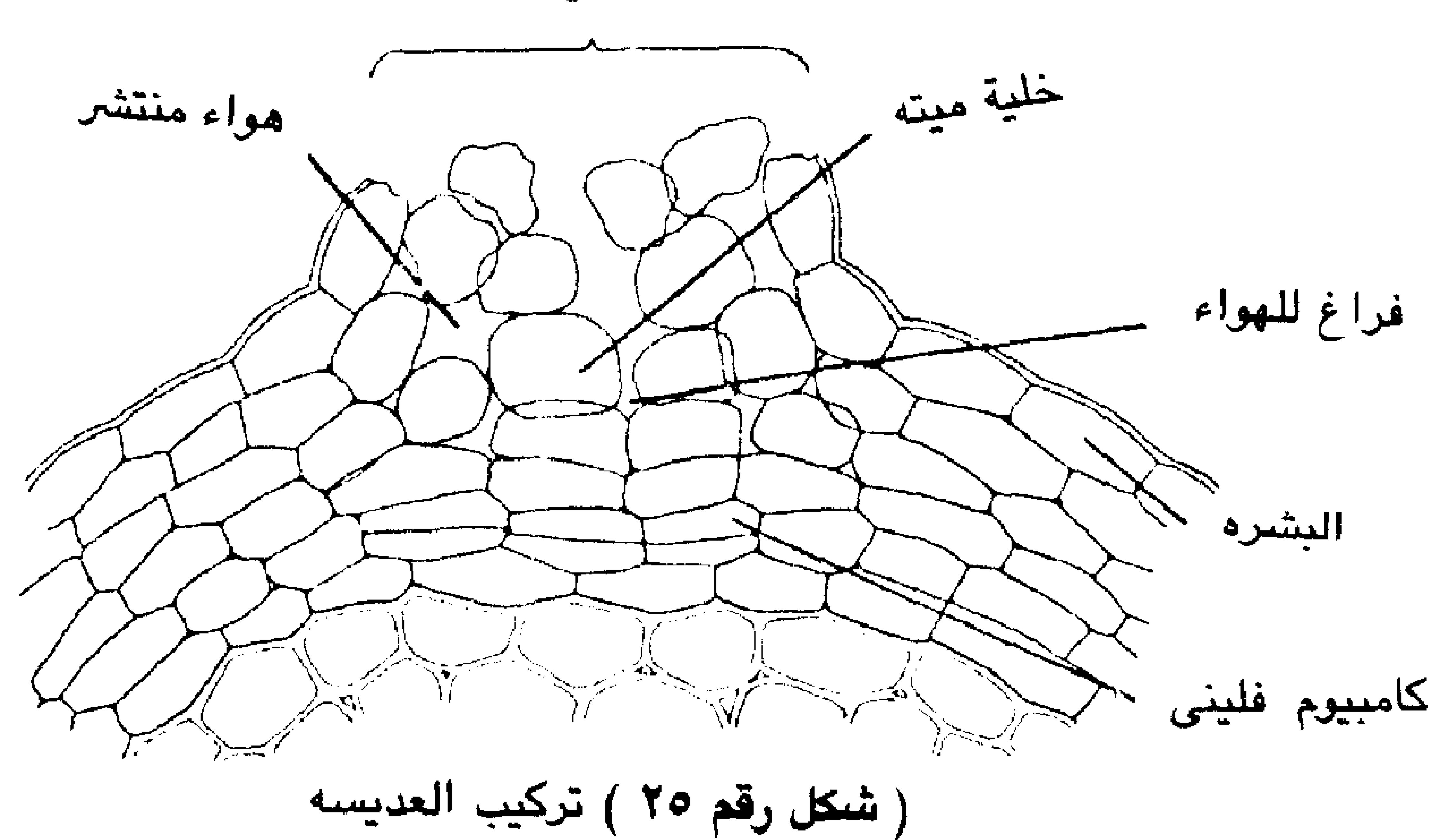
كما فى الكافور والتفاح والكمثرى حيث يكون البريدرم سطحيا وتنفصل كميات صغيره من الانسجه الابتدائيه مثل البشره وطبقه او طبقين من القشره نتيجه لعزلها بالبريدرم .

٢ - قلف حلقى Ring- bark

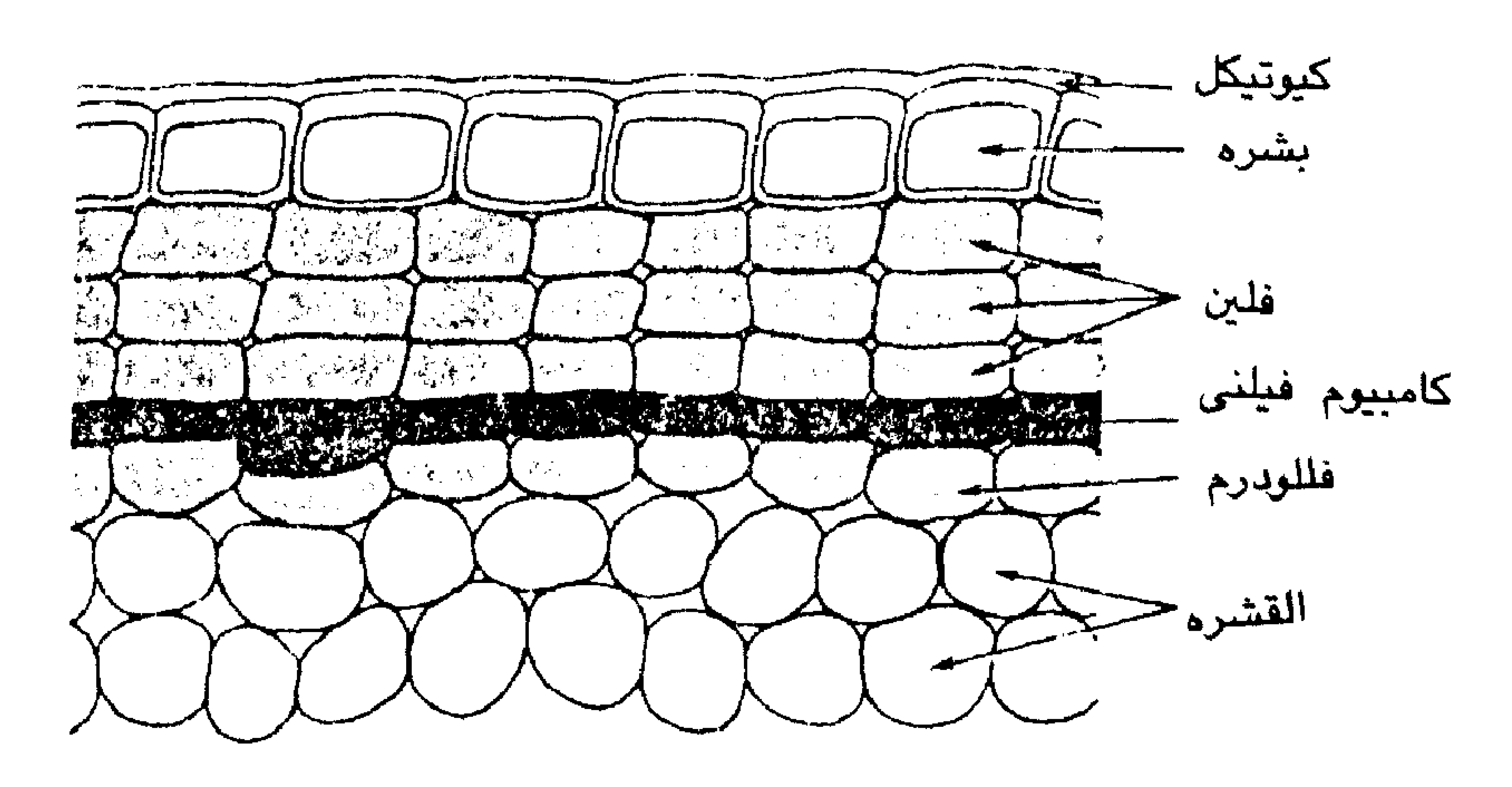
كما فى العنب حيث تكون طبقه البريدرم الاولى عميقه فتكون الطبقات التاليه لها متتاليه .

العديسات Lenticels

العديسات ما هى الا منافذ خارجية تسمح بتبادل الغازات وتقوم بدور هام فى عمليه النتح . وهى تحل محل الثغور وتؤدى وظيفتها ويبدأ تكوين العديسه بظهور طبقه كمبيوميه خاصة تسمى الفلوجين العديسى Lenticel phellogen تنقسم وتنتج للخارج خلايا بارنشميه رقيقه الجدر متراصه ثم تتمدد وتظهر بينها مسافات بينيه متسعه ويسبب تمددها ضغطا على الانسجه الخارجيه وتمزقها وتصبح معرضه للجو الخارجى ونظرا لتركيبها المفكك فانها تسمح بتسرب الغازات خلالها وتسمى هذه المجموعه بالنسيج المتمم وعند انتهاء موسم النشاط تغلق العديسه نتيجه لتكوين طبقات فلينيه غالقه . وتظل على هذا الحال حتى موسم النشاط فتفتح بتكوين نسيج متمم تحت الطبقه الغالقه لا يلبث أن يضغط عليها ويمزقها .



(شكل رقم ٢٥) تركيب العديسه



(شكل ٢٦) تكوين البريدرم

الاجهــزة الافرازيـــة والاخراجيـــة

Secretory and Excretory Systems

يشمل هذا النوع من الانسجة جميع الخلايا التى لها علاقه مباشره بإفراز الصموغ والراتنج والزيوت والرحيق وما شابه ذلك وغالبا ما تتحور الخلايا الافرازيه من خلايا اخرى بين انسجة النخاع او الخشب او اللحاء او القشره او اى منطقه اخرى .

والنسيج الاخراجى افرازاته تتسرب من الخلايا مثل الغدد الرحيقيه والغدد المائيه .

اما النسيج الافرازى فتحتفظ خلاياه بافرزاتها داخلها ولا تخرج منها الا فى حالة جرح النبات مثل الغدد اللبنيه .

وتمتاز الخليه المفرزه بكبر حجمها ، ووجود طبقه رقيقه من الستيوبلازم وكبر حجم النواه ، وكبر حجم تجويف الخليه الذى يمتلىء بالمواد المفرزه وتتمدد الخليه المفرزه عادة وتأخذ شكلا خاصا يسمى غده Gland وقد يتوسط الغده قناه او تجويف لتخزين افرازاتها او نقلها من مكان الى آخر .

وهذه التجاويف او القنوات انواع :

١) تجاويف تباعديه كالموجوده فى الغدد الراتنجيه فى الصنوبر والكافور وتنشأ من تباعد الخلايا المفرزه بعد تمام تكونها .

٢) تجاويف تكسريه كالقنوات الزيتيه فى شمراخ القرنفل والقنوات الغرويه فى ساق الملوخيه . وهى تنشأ من تمزق وتهشم بعض الخلايا تاركه فراغا يمثل القناه .

٣) تجاويف تباعديه تكسريه كالقنوات الزيتيه فى قشرة ثمار الموالح .وهى تتكون بالتباعد بين الخلايا المفرزه ثم تتمزق جدرها ثانية . ويتميز فى النبات عموما غددا هامه مثل :

١ - الغدد الرحيقيه Neeteries

تنتج معظم النباتات حشريه التلقيح رحيقا لجذب الحشرات يفرز من خلايا خاصه على الاعضاء الزهرية نفسها ونادرا ما توجد على اعضاء خارج الزهره كالقنابه مثلا والخلايا المفرزه قد تكون خلايا متحوره عن البشره رقيقه الجدر شكلها شبه عمادى كما فى نبات بنت القنصل او تأخذ شكل حلمات . ويخرج الرحيق من الغدد الرحيقيه عن طريق الرشح خلال الجدر الخارجيه لها ، ويحتوى الرحيق على كميه من

السكر وبعض المواد الغرويه والازوتيه والفسفوريه وقليل من الدكسترين . والخلايا الافرازيه فى المياسم تعتبر من نفس نوع الغدد الرحيقيه .

٢ - الغدد المائيه Hydathodes

تتخلص كثير من النباتات من الماء الزائد عن طريق الغدد المائيه وهى اما سطحيه لا تتصل بالجهاز الناقل اتصالا مباشرا ، او تتصل مباشرة بالجهاز الناقل كالتى توجد فى نهايات الحزم الوعائيه فى اوراق ذوات الفلقه الواحده وبعض نباتات ذوات الفلقتين مثل ابو خنجر والبرميولا وهذه عباره عن مجموعة من الخلايا تفتح فى الخارج بفتحات تشبه الثغور تسمى الثغور المائيه Water Stomata وهذا الثغر يختلف عن الثغر العادى فى كونه مفتوحا باستمرار ويتم افراز الماء من الثغر المائى على هيئة قطرات سائله مذاب بها قليل من الاملاح وكثيرا ما تلاحظ هذه القطرات فى الصباح الباكر عقب الليالى الدافئة وتسمى هذه العملية بالادماع Guttation .

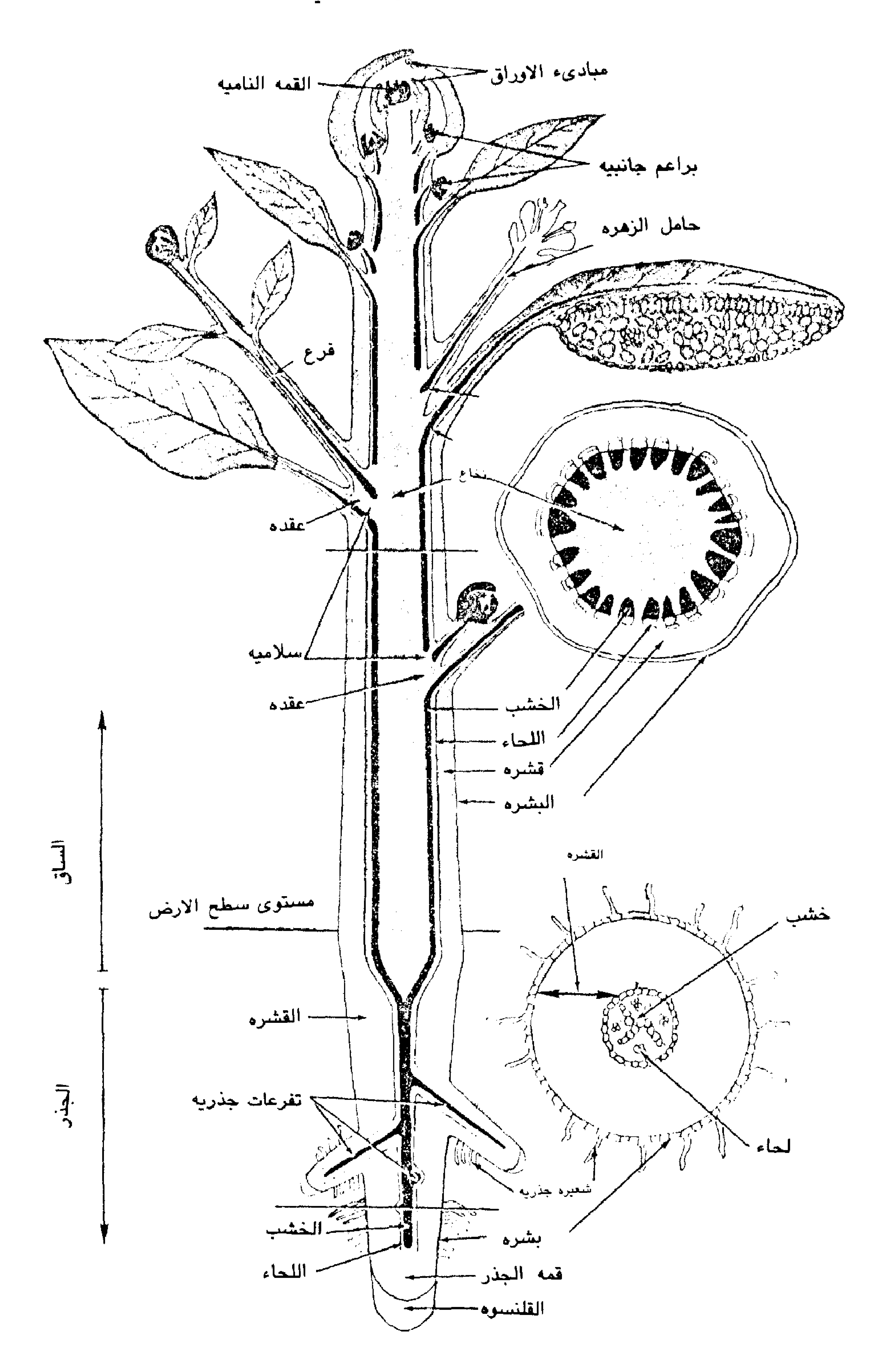
٣ - القنوات (الانابيب) اللبنيه Laticiferousducts (tubes)

تتميز القنوات اللبنيه الى نوعان البسيط وتكون فيه القناه من خليه مفرده . والمركب وتكون القناه به من سلسله من الخلايا تتصل ببعضها مع زوال الجدر العرضيه كليا او جزئيا او تكون مثقبه .

وهذا النوع قد تتصل قنواته ببعضها جانبا وتكون شبه شبكه فى النبات كما فى الشيكوريا والخس والباباظ والخشخاش وقد لا تتصل ببعضها كما فى البطاطا والعليق وجنس Allium وجنس Musa .

والقنوات اللبنيه عموما ذات جدر ابتدائيه طريه مرنه غنيه بالمواد البكتينيه وقد تكون رقيقه وقد تكون ذات سمك ملحوظ .

شكل ٢٧ يبين الانسجه والاوعيه الاساسيه



المجموع الجذرى
The Root System

المجموع الجذرى هو ذلك الجزء من النبات الذى ينمو تحت سطح الارض عاده وان كان هناك جذورا هوائيه .. والجذور لاتحمل زوائد كالتى تحملها الساق والمعروفه بالاوراق كما ان الجذور لاتعطى ازهارا ولايوجد عليها ثغور .. وتتميز بخروج تفرعات جانبيه من نسيج دائم نسبيا هو البريسيكل تعرف بالجذور الجانبيه .. كما تتميز الجذور بوجورقلنسوه جذريه ووجود منطقه الاندودرمس بصورة واضحه فى الجذور عامه بالاضافه الى خلوه من العقده والسلاميات وخلوه كذلك من الكلوروفيل وانتحاؤه الارضى الموجب .. ومن الوجهه التشريحيه تترتب الانسجه الابتدائيه ترتيبا مختلفا عن الموجود فى الساق فالخشب الاول فى الجذر خارجى وكذلك ترتيب الحزم الوعائيه قطريا فى الجذر وهى ليست كذلك فى الساق

وظائف الجذور : Functions of Root system

تتعدد وظائف الجذور من امتصاص Absorption الى توصيل Conductionمع اهميته الواضحة فى التثبيت Anchorage علاوه على التخزين Storageبالاضافة الى دوره فى التخلص من العناصر والاملاح الذائدة عن حاجة النبات Outward diffusion ومن الجدير بالذكر الاشاره الى ماذُكر عن الجذر فى اشجار الفاكهه انها "مطبخ كيميائى " ""a sort of a chemical Kitchen كما اسماه العالمان Mothes and Engelbrecht عام ١٩٥٦ نظراً للدور الذى تلعبه الجذور فى بناء العديد من المركبات العضويه كالاميدات ، الاحماض الامينيه والبروتين والليبدات وبعض المركبات الهرمونيه وكثير من المركبات العضويه الاخرى كما انها موقع هام لتحويل النيتروجين المعدنى الى صوره عضويه كما اكدت بعض الدراسات على ان فى جزيرات اشجار التفاح يتم اختزال النترات وتكوين الاحماض الامينيه بالاضافه الى ماسبق فإن بعض الجذور تقوم بالتمثيل الضوئى اذا احتوت على الكلوروفيل او تقوم بالتكاثر الخضرى بأنتاجها افرعا هوائيا تعرف بالسرطانات Sucners كالتفاح او تستغل فى التكاثر بأستخدامها عقلا كالجوافه وغيرها

انواع المجاميع الجذريه Types of Root system

١ ـ المجموع الجذرى الوتدى Tap Root system

وفيه يظهر الجذر كمحور رئيسى تخرج عليه الجذور الاقل طولا وسمكا ثم يتوالى خروج الجذور بترتيب يعرف بأسم التعاقب القمي Acropetal Succession حيث يكون الاكبر جهه المحور والاصغر جهه قمه الجذر Root tip ويتجهه المجموع الجذرى الوتدى فى نموه الى اعماق كبيره فى التربه . وهو المميز لاغلب نباتات ذوات الفلقتين

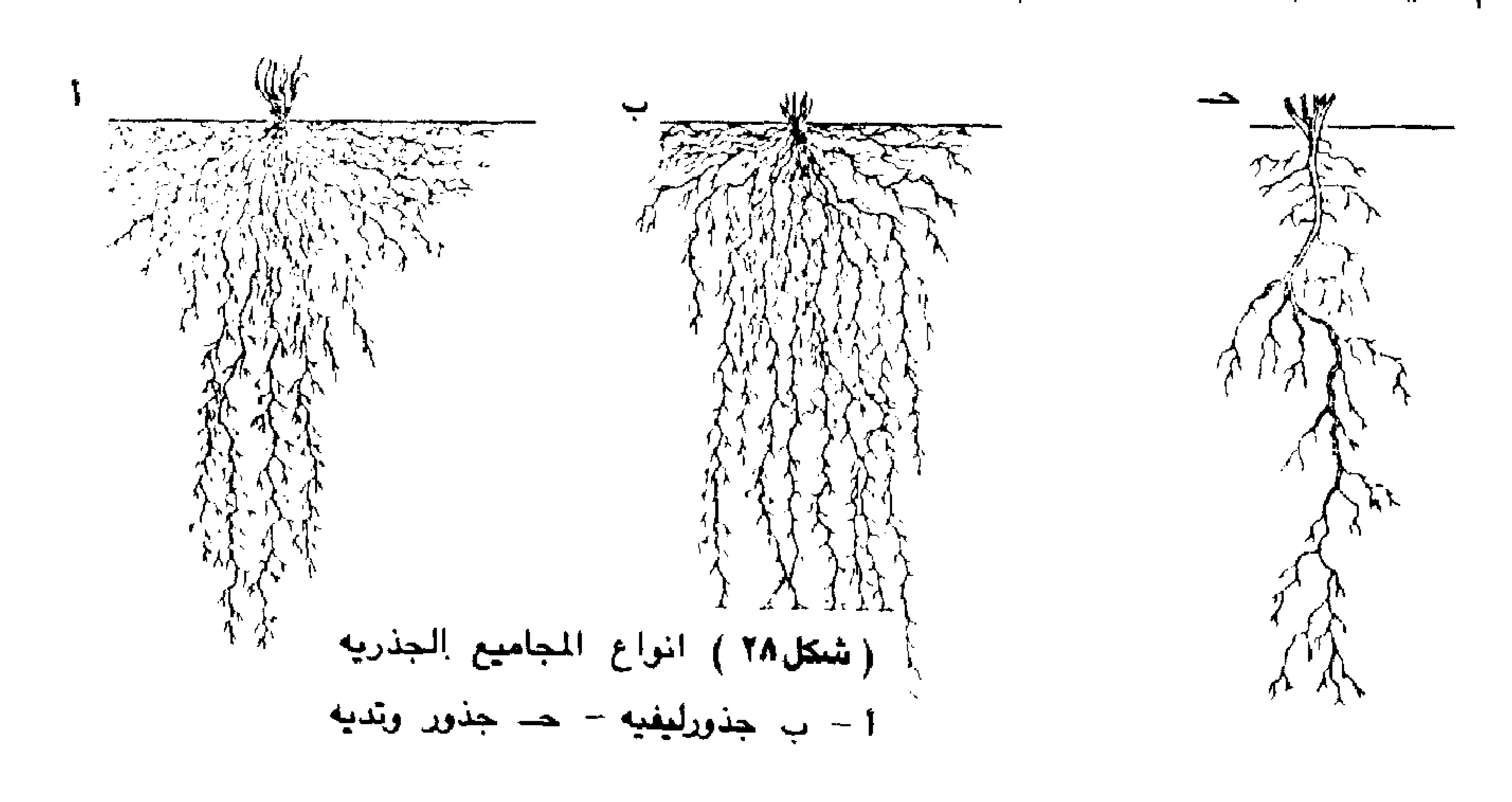
٢ ـ المجموع الجذرى الليفى Fibrous (Diffuse) Root system

وفيه توجد الجذور على شكل الياف حيث تتميز بالطول والرفع ولايوجد لها محور واحد كالنوع السابق ولكن توجد وحدات عديده متساويه .. ولايميل هذا النوع الى التفرع ويكثر وجوده فى نباتات ذوات الفلقه الواحدة .

٣ ـ جذور اشجار الفاكهه

تتميز الاشجار بوجود مجموعتين من الجذور احدى المجموعتين تقوم بعملية الامتصاص وتكون عرضيه موازيه للسطح وتنتشر بانتشار المجموع الخضرى المجموعه الثانيه تقوم التثبيت Anchorage حيث يكون نموها موازيا للسطح لمسافة قصيرة ثم تتعمق الى اسفل لمسافات كبيره ..

كما ان بعض النباتات تقوم الجذور بالإمتصاص من اعماق مختلفة نظرا لصعوبة البيئه التى تنمو فيها كنبات الصبار جنس Cactus فله جذور سطحيه موازيه لسطح التربه تقوم بامتصاص ماء الامطار الضئيله الساقطه فى المنطقه وجذور اخرى عميقه تقوم ايضا بالامتصاص إن وجد مصدر للماء .



(شكل ٢٨) انواع المجاميع الجذريه

ا - ب جذورليفيه - حـ جذور وتديه

Types of Roots انواع الجذور

١ - الجذر الاصلى Main Root

ويطلق عليه الجذر الابتدائى Primary فهو الجذير الموجود فى الجنين بعد نموه واستطالته ويتجهه فى نموه الى اسفل حيث انه موجب للجاذبية الارضيه ويتكون عليه جذورا اخرى واذا تميز فى السمك عن باقى الجذور المتكونه كون جذرا وتديا .. واذا تساوى مع الجذور الاخرى كون مجموع جذرى ليفى ..

وقد تنمو جذورا اخرى بعد ظهور الجذر الاصلى ولا تنشأ منه تسمى بالجذور الجنينيه او البذريه Seminal or seed Root

٢ - الجذر الثانوى او الجانبى Secondary or Lateral Root

يخرج هذا النوع من الجذور من على جذور اخرى وتكون نشأته داخليه عادة من خلايا البريسيكل فى معراه ومغطاه البذور او من اللحاء احيانا اذا توقف البريسيكل عن النشاط فى الجذور المسنه ونتيجة لعدم تأثر تلك الجذور بالجاذبية الارضيه فإن الزوايا بين الجذر الثانوى والجذر الاصلى الخارج منه تختلف فنجدها ٩٠ درجة بالقرب من السطح وقليله قرب القمه . كما تميز الجذور التى تخرج على الجذر الاصلى مباشره بأنها جذور الدرجه الثانيه 2 nd order ومابنشأ عليها تعرف بجذور الدرجه الثالثه 3 rd order

٣ - الجذر العرضى Adventitious Root

وهى الجذور التى تخرج فى اى جزء نباتى ماعدا الجذور كالساق او الورقه .. ويكون خروجها من مناطق مختلفه فقد تخرج من البريسيكل او الاندودرمس او اللحاء الثانوى او القشره الخارجيه فى بعض الحالات

وهذه الجذور تكثر فى النباتات من ذوات الفلقه الواحدة

Root Zones مناطق الجذر

١ - القلنسوه Root cap (calyptra)

توجد القلنسوه فى قمه الجذر وتغلفه لحمايته وتسهيل مرورة فى التربه ولها شكلها وتركيبها المميز ليتلاءم مع وظيفتها فهى كستبانيه الشكل Thimble- shaped مكونه

من طبقات عديدة من خلايا بالغه مستديره عند النضج جدرها مخاطيه لزجه mucilaginous متآكل وتتميز به بأستمرار ولكنها تعوض بخلايا جديدة توجد فى معظم انواع النباتات باستثناء النباتات المائيه وعند الزراعه فى مزارع مائيه

٢ ـ منطقه القمه الناميه او المنطقه الانشائيه القميه
Groving point Region or Apical meristem

هذه المنطقة مكونه من خلايا انشائيه نشطه تعطى بأنقسامها خلايا جديده تضاف الى منطقة الاستطاله يبلغ طولها حوالى ١ ملليمتر

٣ ـ منطقه الاستطاله Elongation zone

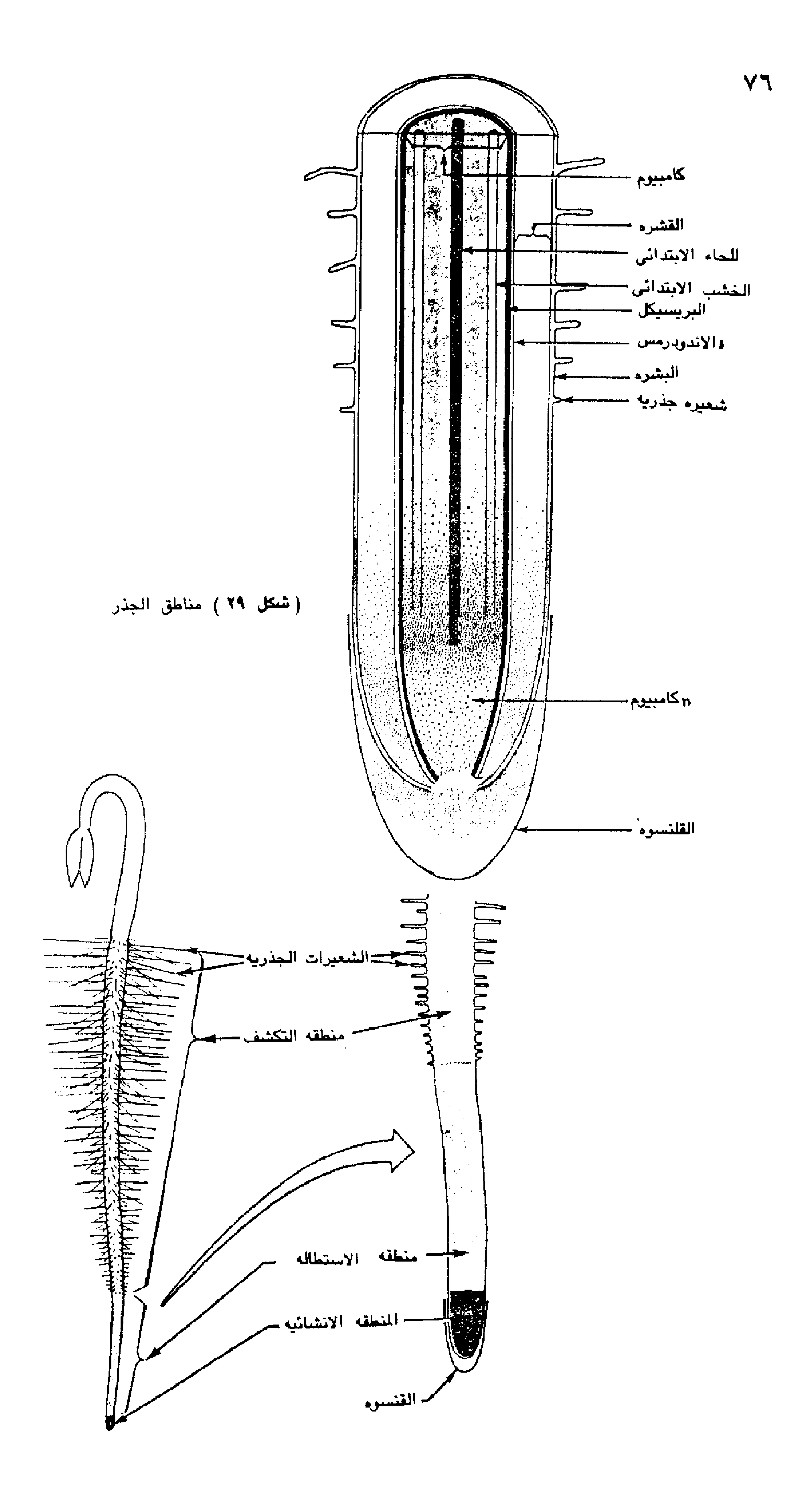
يتراوح طولها حوالى ٢ ـ ٥ ملليمتر وتنتج عن استطاله الخلايا الناتجة من المنطقة السابقة وتتميز خلاياه بالمرونه والتشكل Elasticity and plasticily وتزداد فى الحجم بزيادة المحتوى المائى وزيادة فى الكتله البروتوبلازميه

٤ ـ منطقه الشعيرات الجذريه Root Hairs Region

تعتبر هذه المنطقة هى منطقة الامتصاص الرئيسيه فى الجذر وهى توجد بعيدا عن منطقة الاستطاله حتى لاتتمزق والشعيره الجذريه المتكونه فى هذه المنطقة هى خليه قد حدث لأحد جدرها امتداد جانبى ويتكون الجذر من السليلوز والبكتين فقط وبها فجوة تربطها بالخليه التى نشأت منها ونواه هذه الخليه توجد بالقرب من قمه الشعيره وتستمر الشعيره حيه تؤدى وظيفتها فى الامتصاص لبضعه ايام واسابيع ثم تموت وتتحلل وتنمو شعيرات جديدة بالقرب من منطقته الاستطاله ويعمل ذلك على تغير دائم لمنطقه الامتصاص فى التربه وبالتالى الاستفادة من محتوياتها فى المستويات المختلفة . وتوجد الشعيرات فى عظم جذور النباتات بأستثناء النباتات المائيه .

٥ ـ المنطقه الدائمة : ـ Permanet Region

وهى منطقة خروج الجذور الثانوية ذات النشأة الداخلية وتزداد هذه المنطقة فى الطول بأستمرار نمو الجذور . وتبدأ بسقوط الشعيرات الجذرية ومعها طبقه البشره وفى هذه المنطقه تكون الانسجه قد تم نضجها وتتدرج الجذور الجانبية فى الطول فكلما قربت من القمه كانت اصغر كما يلاحظ ان الجذور الجانبيه تخرج من مناطق مواجهه للخشب الاول فى الاسطوانه الوعائيه ولذا ترى مرتين فى صفوف طوليه .



(شكل ٢٩) مناطق الجذر

تحورات الجذور Modification of Roots

تتحور بعض الجذور لتأديه وظيفة اخرى غير الوظائف التقليديه السابق ذكرها . ومن هذه التحورات : -

١ - جذور دعاميه هوائيه Prop roots

وهى تعمل على تثبيت المجموع الخضرى بجذور عرضيه هوائيه تنمو من عقد الساق القريبه من سطح التربه كما فى نباتات الذره والقصب او تنمو فى افرع عاليه كما فى نبات التين البنغالى Ficus benghalensis وتنمو الجذور من اعلى الى اسفل حتى تخترق سطح التربه وتتفرع تحت السطح فتعمل على التثبيت كما تقوم بالامتصاص .

٢ - جذور دعاميه حاجزيه Buttress Roots

تنمو هذه الجذور لبعض الاشجار فى المناطق التى توجد بها اعاصير حيث تنمو الجذور سطحيه وتتغلط فى مستوى اعلى من سطح الارض ويستمر هذا التغلظ الغير متجانس مما يؤدى الى تكوين حواجز سانده فوق السطح تمتد مائله من جذع الشجره الى التربه واحيانا يصل الارتفاع لهذه الجذور الى متر او اكثر . وتشاهد فى اشجار اريودندرون Eriodendron وتاكسوديوم Taxodium

٣ - جذور متسلقه Climbing roots

وهى جذور عرضيه على سيقان بعض النباتات الغير قادرة على النمو الخضرى حيث تنمو جانبا من الساق فى اتجاه الدعامات وتثبت نفسها فى شقوق الدعامه .. بالاضافه الى افرازها لمواد هلاميه لاصقه كنبات حبل المساكين

٤ - جذور مخزنه Storage roots

وهذ الجذور تتضخم بالمواد الغذائيه غالبا مايكون نشا ومنها الوتدى كالفجل واللفت .. او انتفاخات درنيه جذريه Tuberous roots وقد تكون من جذور ثانويه وعرضيه كما فى نبات الداليا Dahlia او جذور عرضيه فقط كالبطاطا والاسبرجس

٥ - جذور شاده Contractile roots

بعض الابصال او الكورمات تكون جذور لتعمل على جذبها الى اسفل لوضع نمو السنه الحاليه فى المستوى الملائم له .. وهذه الجذور تسمى الشادة وهى سميكه تظهر

عليها تجاعيد لولبيه وذات قدره على الانقباض مما يؤدى الى تقصير الجذر بمقدار ٣٠ ـ ٤٠٪ من الطول وتشاهد فى ابصال وكورمات افراد العائله الزنبقيه والسوسنيه وغيرها من ذوات الفلقه الواحده مثل Crocus, Gladiolus, Liliam martagon Pancratium كما توجد فى بعض الريزومات بغرض زيادة التثبيت كما فى نبات Asparagus - Polypenatum

٦ ـ جذور تنفسيه Respiratory Roots

وتوجد فى بعض المناطق الرديئه التهويه فى مناطق نمو الجذور فلا تستطيع تلك الجذور الحصول على مايكفيها للتنفس تتنمو رأسيا الى اعلى وتخترق سطح التربه وتعرف بأسم الركب Kness وقد يصل ارتفاعها الى ٣٠ سم ويتم دخول الهواء من خلايا طبقه خارجيه فيلينيه تحتوى على عديد من العديسات lenticels يوجد للداخل خلايا برنشيميه تتخللها مسافات بينيه واسعه ولاتحمل الجذور التنفسية شعيرات جذريه ولكن تحمل افرع قصيره تحمل الشعيرات الجذريه وتشاهد فى نباتات Sonnevatia alba , Avicennia officinalis وبعض انواع جنس Rhizophora

٧ ـ جذور لامتصاص الهواء الجوى Aerial absorbing Roots

وهذه الجذور العرضيه تنمو من الساق ولاتصل الى سطح التربه ولاتنمو شعيرات جذريه .. وانما تغلف بنسيج ذو تركيب اسفنجى يعرف باسم الحجاب الجذرى valamen يساعد على امتصاص الماء من الهواء وهذا النسيج يتكون من طبقات من خلايا ميته فارغه جدرها مغلظه بواسطه شرائط لجنينيه ومتصله ببعضها وبالهواء الجوى بواسطة ثقوب .. ويلى الحجاب طبقه واحده من خلايا مغلظه من الاكسودرمس يوجد بينها خلايا غير مغلظه تسمح بالمرور ـ يليها القشره التى تتكون من خلايا كلورانشيميه وتشاهد هذه الجذور فى بعض نباتات الاوركيد العالقه بالأشجار مثل نبات stanhopea وبعض اشجار مثل التين البنغالى

٨ ـ جذور تقوم بالتمثيل الضوئى photosynthetic

وهذه بالطبع تحتوى على كلوروفيل كما فى نبات الاوركدتنيوفيللم وسيقان هذا النبات لاتحمل اوراقا بل تحمل ازهار فقط .. والجذور هى العضو المسئول عن النبات الضوئى فى هذا النبات .

اما فى نبات الذرة فان الجذور الدعامية التى تظهر فوق سطح الارض فإنها تحتوى على كلوروفيل .

٩ ـ جذور تساعد على الطفو Buoyant roots

تخرج من الجذور الابتدائيه لبعض النباتات المائيه جذورا تنمو رأسيا وتطفوا فوق سطح الماء نتيجة لامتلاء المسافات البينيه الواسعه الموجودة بين الخلايا البرنشيميه المستطيله فى نسيج القشره بالهواء كما فى نبات Jussieua Repens

١٠ ـ الجذور التعاونية Symbiotic Roots

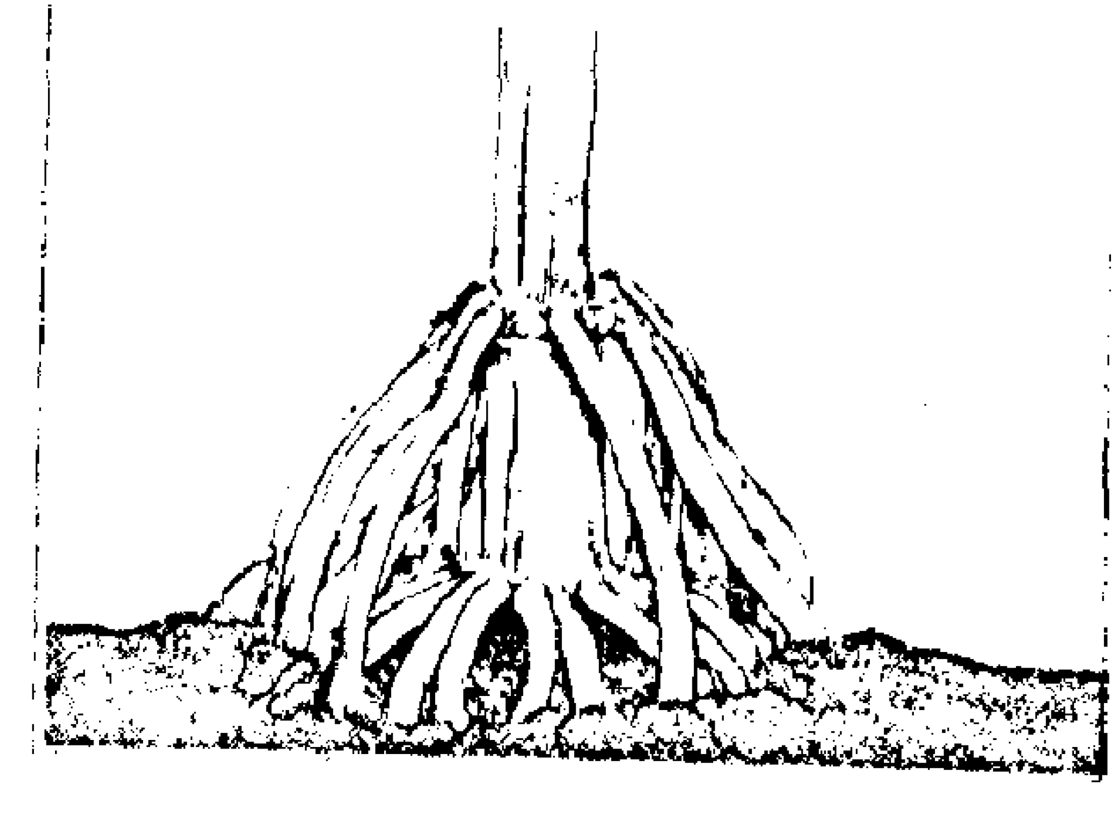
فى كثير من النباتات تعيش بعض الفطريات عليها وتسمى الجذور على الفطريات بالميكروهيزا Mycorrhiza وتتعاون فى معيشتها وتسمى معيشه تعاونيه Symbiosis حيث يفيد الجذر الفطر بأمداده بالغذاء العضوى وخاصه الكربوايدرات ويقوم الفطر بامتصاص الماء والعناصر الغذائيه حيث سطحها الماص اكبر من السطح الماص للجذور

واذا عاش الفطر على سطح الجذر اعتبر سطحى المعيشه ectotrophic كما فى الصنوبر او داخلى المعيشه Endotrophic كما فى الاوركيد وفى نبات مونوتروبا Monotropa تعمل الفطريات على امداد النبات بالغذاء حيث لاتحتوى على كلورفيل ويقتصر عمل النبات على امداد الفطر بالفيتامينات .

١١ ـ الجذور الطفيليه الماصه Haustoria

وخير مثال لهذا التطفل نباتى الحامول والهاموك وان كان الجذر الماص فى كلاهما مختلف فى نشأته فالحامول تخرج من ساقة جذورا عرضيه طفيليه ماصه تخترق انسجه ساق النبات الاخر كالبرسيم حتى تصل الى الانسجة الوعائيه ويتم نقل الاحتياجات الغذائيه فى العائل (البرسيم) الى الطفيل (الحامول) بالاضافة الى ان الطفيل لايحمل اوراق خضراء فهو لايقوى على النمو ويلتف حول العائل .

اما فى الهالوك فإن الجذور الماصة منه اصليه وهو متحور لتأديه وظيفه التطفل بأختراق جذور نبات العائل (الفول) حتى يصل ويتصل بالانسجة الوعائية والطفيل (الهالوك) لايحمل اوراق خضراء كسابقه



(شكل ٣٠) جذور دعاميه

التركيب الداخلى للجذر
Anatomy of the Root

اولا : تركيب جذر حديث من ذوات الفلقتين Anatomy of young Dicot Root

يختلف تركيب الجذر فى المناطق المختلفة للنبات الواحد فمنطقه القمه الناميه تختلف عن منطقه الاستطاله تختلف عن منطقه الشعيرات او المنطقة الدائمه وهكذا .. ويظهر الاختلاف كما فى الرسم وعند فحص القطاع العرض فى منطقة الشعيرات يمكن ملاحظه الطبقات التالية : ـ

١ ـ البشره Epidermis

وهى الطبقه الخارجيه الاولى من الجذر مكونه من صف واحد من الخلايا المتلاصقه ذات الجدر الخاليه من الكيوتين غالبا .. واحيانا يتكون عليها طبقه واضحه من الكيوتين اذا استدامت .

تستطيل بعض الخلايا مكونه الشعيرات الجذرية ولذا تعرف طبقه البشره فى هذه المنطقه بالطبقه الوبريه Piliferous layer وهذه الشعيرات كما سبق ذكره قصيره العمر تتمزق البشره اثناء اندفاع الجذر فى التربه ويحل محلها اول طبقه من القشره حيث يتكون الاكودرمس Exodermis لحماية الانسجة الداخليه

٢ ـ القشره Cortex

تتكون من خلايا برانشيميه ذات اقطار متساويه تقريبا جدرها رقيقه بينها مسافات بينيه واسعه هذه المنطقه خاليه من الألياف والخلايا الكولنشمية اول طبقاتها تسمى الاكسودرمس وآخرها تسمى الاندودرمس Endodermis وهى متراصه بجوار بعضها لاتترك مسافات بينيه وتوجد على جدرها القطريه اشرطه مشبعه بمواد تشبه السوبرين وهى غير منفذه للماء تسمي الاشرطه الكسبيريه Caspariam strips وقد يحدث فى الادوار الاخيره من النمو ترسيب لطبقه من اللجنوسليلوز على الجدر القطريه بالاضافة الى الجدار المتماس الداخلى ويأخذ الترسيب شكل حرف [ب] او يشمل كل الجدر فيأخذ شكل حرف [O] فى القطاع العرضى وفى هذه الحالات يوجد خلايا ذات جدر رقيقه تقابل الخشب الاول ويطلق عليها الخلايا الممرره Passage or Transfusion cells

٣ - الاسطوانه الوعائيه The Stele

اول طبقه من الاسطوانه الوعائيه تلى الاندودرمس وتسمى البريسيكل Pericycle وهى خلايا برانشيميه موجوده فى صف واحد . لها القدره على الارتداد مره اخرى الى الحاله النشطه وتكوين جذور ثانويه او خلايا انشائيه ثانويه اثناء النمو الثانوى تلى هذه الطبقه الانسجه الوعائيه الابتدائيه حيث يتبادل الخشب قطريا مع عدد مساو من مجاميع اللحاء حيث يوجد كل منها على نصف قطر . ويلاحظ وجود الخشب الأول جهه الخارج والخشب الثانى جهه الداخل ويفصل بين الخشب واللحاء خلايا برانشيميه .

٤ - النخاع Pith

وهو مركز القطاع وقد لا يوجد واذا وجد فهو منطقه طبقه خلايا برانشيميه . قد لا تتغلظ .

ثانيا : تركيب جذر من ذوات الفلقه الواحدة Anatomy of Monocot Root

البشره

لا تختلف عن مثيلتها فى ذوات الفلقه .

٢ - القشره

لا تتسوبر خلايا الاكسودرمس حيث تظل جدرها رقيقه تسمح بنقل الماء والاملاح الى داخل الجذر .. اما خلايا الاندودرمس فيزداد الترسيب فى خلاياها وتصبح على شكل حرف C او O مع وجود الخلايا الممرره .

المنطقه المحصورة بين الاكسودرمس والاندودرمس ضيقه اذا ما قورنت بمثيلتها فى ذوات الفلقتين .

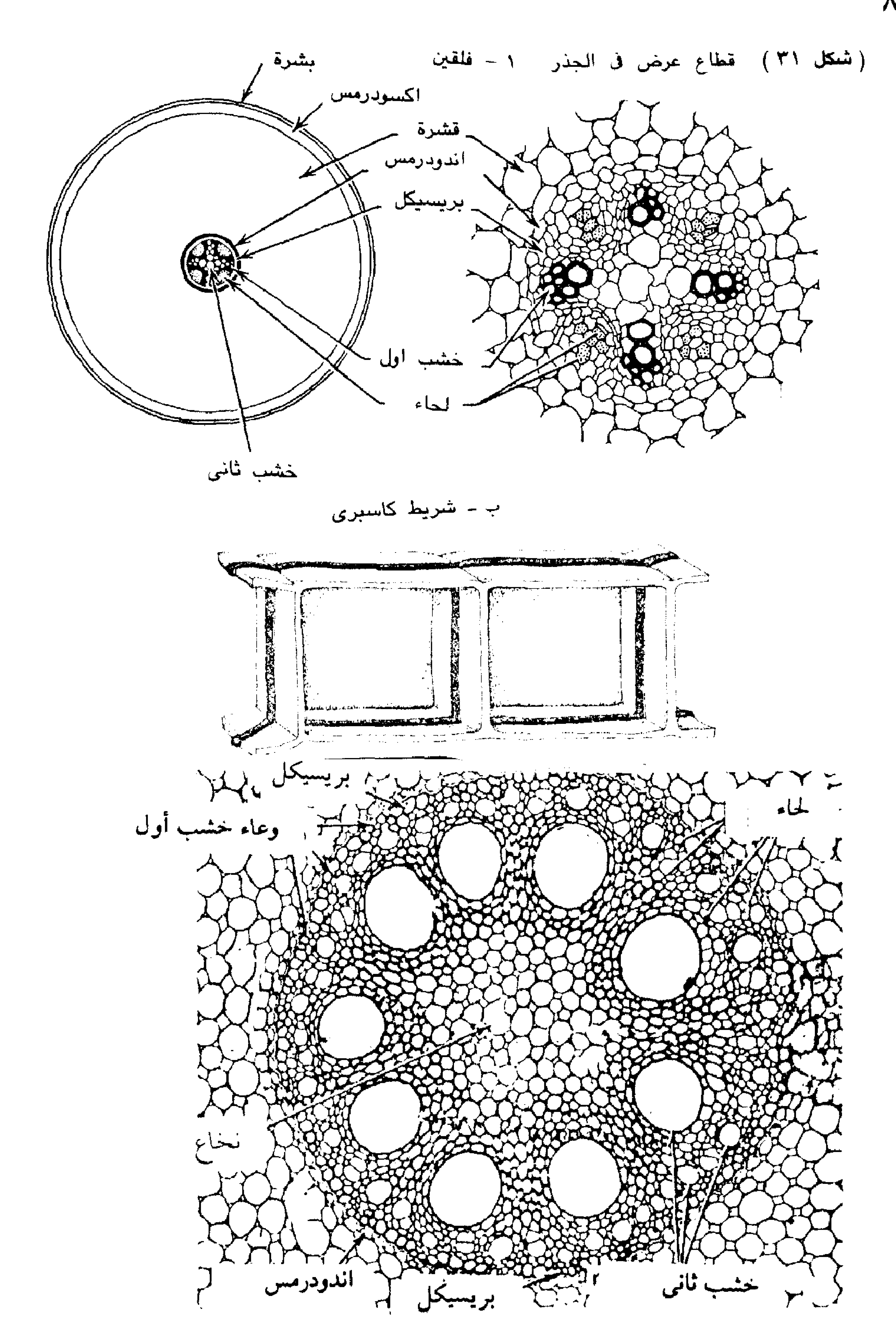
٣ - الانسجه الوعائيه

يزيد عددها ويصل الى ١٥ - ٢٠ او اكثر من ذلك .. كما ان اللحاء يخلو من البرانشيمه (برانشيمه اللحاء) .

٤ - النخاع

خلاياه برانشيميه قد تكون مغلظه وهو اوسع من نخاع جذر النبات ذوات الفلقتين .

(**شكل ٣١**) قطاع عرض فى الجذر ١ - فلقين



ق . ع . فى جذر من ذوات الفلقه الواحده

نشاه الجذور الجانبيه والعرضيه :-

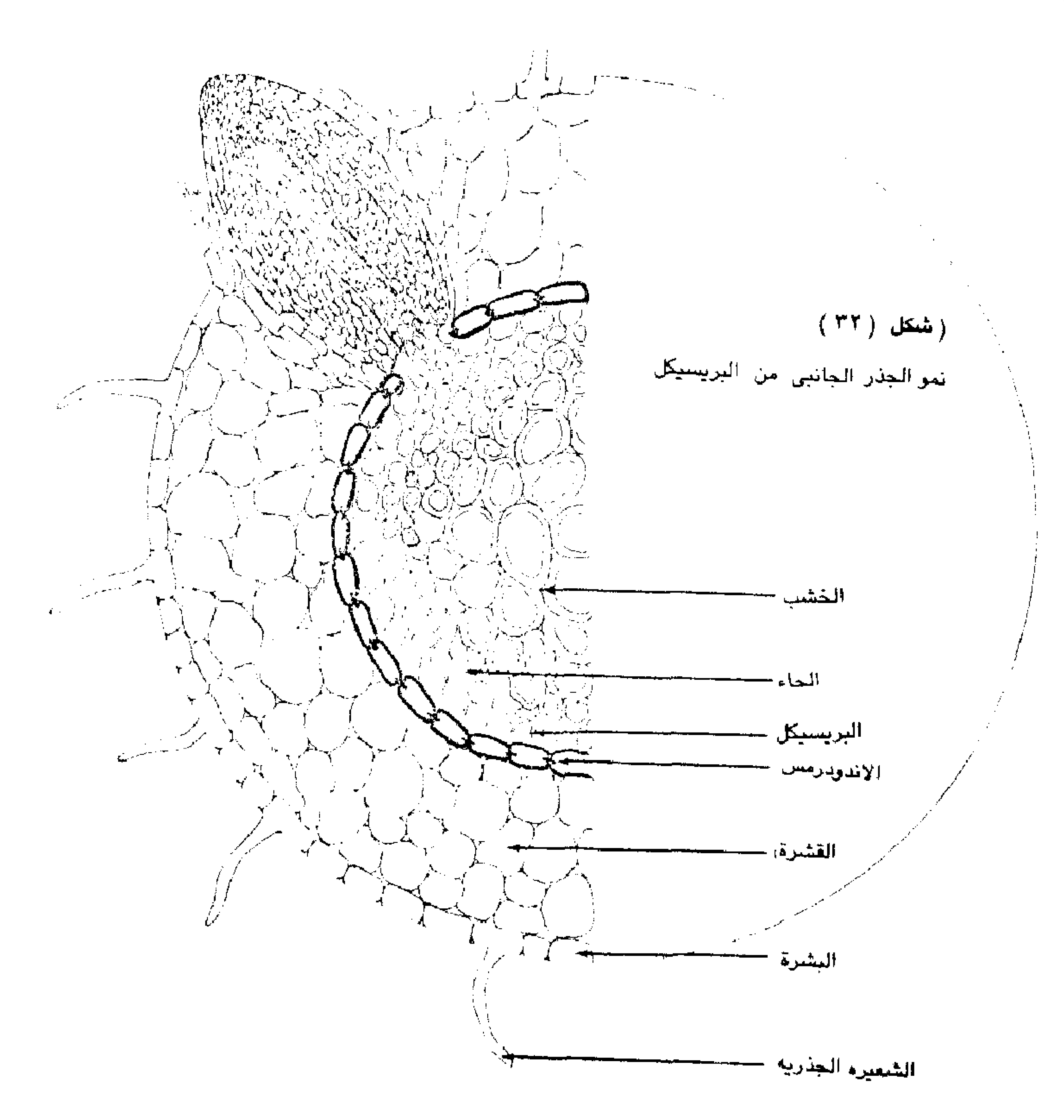
تنشأ الجذور الجانبيه فى الجذر فى المنطقه الدائمه من انسجه بالغه غالبا ما تكون البريسيكل حيث تنقسم خلاياه قطريا ومحيطيا مكونه مرستيم قمى كما تنقسم خلايا الاندودرمس مكونه قلنسوه تحيط بالقمه الناميه وذلك فى مناطق مقابله للخشب الاول وبذلك يكون عدد صفوف الجذور الجانبيه عاده مساو للحزم الوعائيه اما فى الجذور ذات الحزمتين فتنمو فى مقابل المسافات بين اذرعً الخشب واللحاء .

ينمو المرستيم القمى وعليه القلنسوه مخترقا باقى انسجه القشره والبشره كما يتميز اثناء النمو من المرستيم القمى انسجه الجذر المختلفه . فتنفصل القلنسوه الناتجه عن الاندردرمس وتبقى القلنسوه الحقيقيه للجذر الجانبى ما عدا الحالات التى لا يتكون فيها قلنسوه حقيقيه .

اما الجذور العرضيه فإذا نشأت على السيقان الحديثه او الاوراق فتتكون من الخلايا البرانشيميه الموجودة بين الحزم .

اما فى السيقان المسنه فتنشأ من الأشعه الوعائيه قريبا من نسيج الكامبيوم .

اما فى حاله التكاثر بالعقله الساقيه فإن بعض الخلايا البرانشيميه فى قاعده العقله تستعيد نشاطها وتكون ما يعرف باسم الكالس Callus (كالس الجروح) وهذه تنتج منها الجذور العرضيه للعقله .



(شكل (٣٢)
نمو الجذر الجانبى من البريسيكل

Water Absorption of plant

تقوم الجذور بامتصاص الجزء الأكبر من الماء للنبات غير ان هناك بعض نباتات قليلة مثل العليق Convolvulus وغيرها يمكنها أمتصاص الماء بواسطة أعضائها الهوائية غير ان هذا المصدر لايعتمد عليه النبات فى أخذ مايكفيه من أحتياجاته المائية . كذلك بعض النباتات المتسلقه كنبات الأيفى Hedra helix والأميلوبس تتكون لها جذور عرضية على سوقها المتسلقة وتتغلغل هذه الجذور فى شقوق الدعامات والجدران وتمتص ماقد يتراكم من ماء الأمطار فيها علاوة على تثبيت هذه النباتات وتمتص النباتات المائية الماء من جميع أجزاء جسمها المغموره فيه كالأوراق والسوق بالأضافه الى الجذور كما تقوم الجذور بتثبيت النبات وتعمل كمركز ثقل لها وتجعلها فى وضع رأس لتقاوم التيارات المائية التى تحاول جرفها .

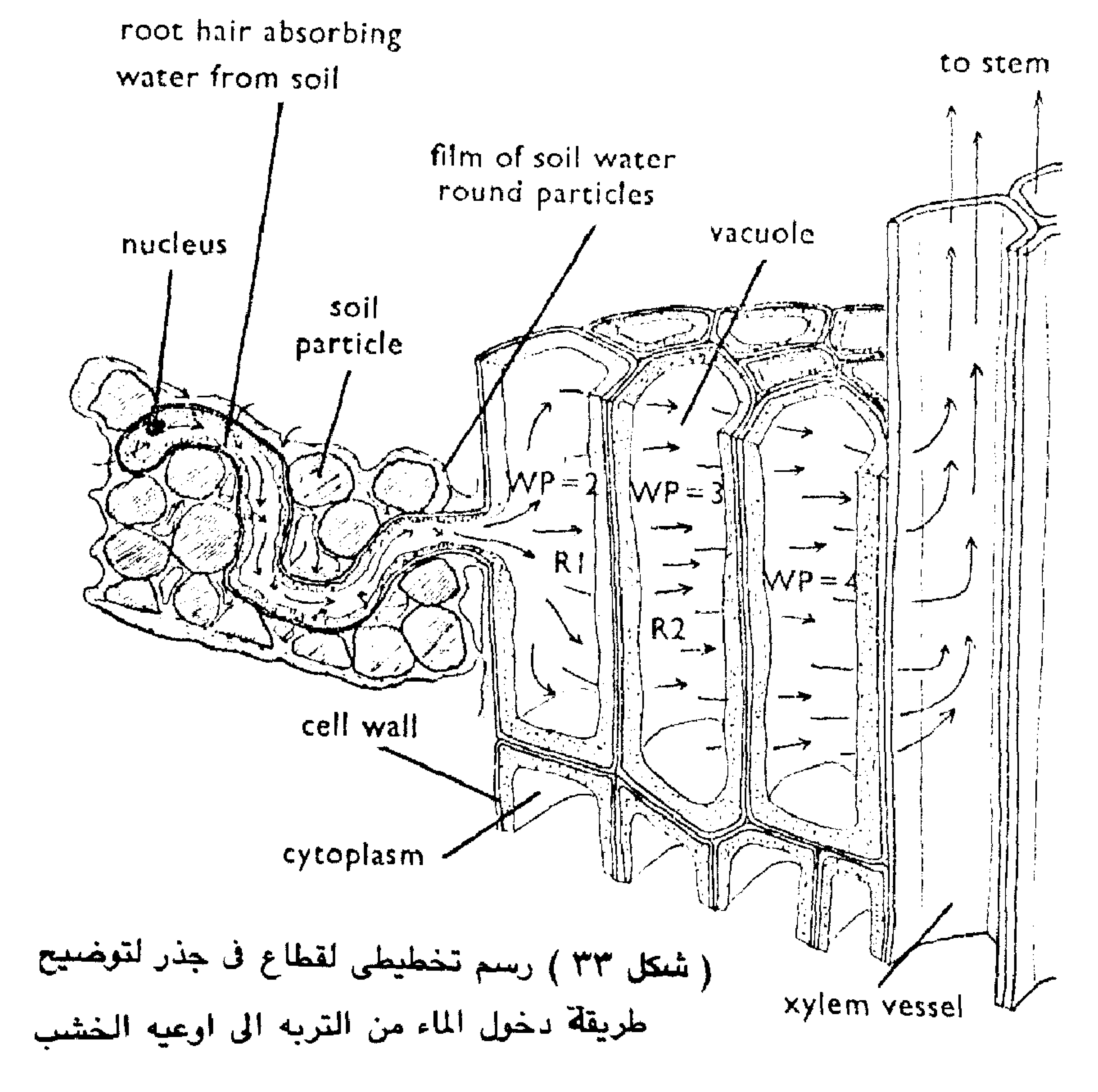
والتربة الزراعية تحتوى على كميات من الماء فى صور مختلفة ومتعدده ، فعند تساقط الأمطار بكميات وفيره او بعد الرى يتم صرف جزء من الماء إلى أسفل ويسمى الماء الحر Free water or Gravffational water ويعتبر عديم الفائدة للنبات ويرشح جزء من الماء الى اسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية حيث يصل الى مستوى الماء الأرض Water table وهو ذو فائدة قليلة للنبات ويعتبر الماء الحر ضاراً للنبات حيث انه يزيل الهواء فيضمحل نمو الجذور لنقص الأكسجين وتحتفظ حبيبات التربة بجزء كبير من ماء الأمطار والرى ضد الجاذبية الأرضية مما يحافظ على رطوبة التربة فيدمص جزء منه بغرويات التربة على صورة غشاء رقيق ويسمى بالماء الأيجرورسكوبى Hygroscopic water وهو عديم الفائدة للنبات : ويسمى مايتبقى من الماء بعد ذلك بالماء الشعرى Capillary water الذى يملأ المسافات بين حبيبات التربة او يكون أغشية حولها ويعتبر ذو أهمية كبيرة للنبات وذلك لامتصاص الجذور له .

أمتصاص الماء بواسطة الجذور

عند فحص قطاع عرضى فى جزء حديث فى منطقة الأمتصاص نرى الأنسجه المختلفة التى يجب أن يخترقها الماء الذى يتحرك من التربة الى أوعية الخشب (شكل ٣٣) ووجدنا ان اول طبقة من طبقات الجذر فى منطقة الامتصاص من الخارج هى طبقة البشره Epidermis وهى عبارة عن اسطوانه تغلف الجذر سمكها خليه واحدة ويخرج من معظم خلاياها الشعيرات الجذرية وتتميز خلايا هذه الطبقة بأحتوائها على فجوات كبيره وجدرها مغطاة بطبقة مخاطية لتزيد من درجة التصاقها بحبيبات التربة .

وتلى منطقة البشره من الداخل طبقة القشرة Cortex وهى مكونة من عدة صفوف من الخلايا البارنشيمية ذات الجدر السليولوزية الخالية من أى مادة تمنع نفاذ الماء .

وأخر طبقات القشرة هى طبقة الاندودرس Endodermis وهى طبقه سمكها خلية واحدة وجدر خلاياها متلاصقة تماماً وتكون اسطوانه تفصل بين طبقتى الجذر (القشرة والأسطوانة الوعائية) . وخلايا هى الطبقة مغلظه من جدرها العليا والسفلى والجانبية ولكنها خالية من التغليظ فى الجدر المواجهة للقشرة والأسطوانة الوعائية ويكون التغليظ فى اول الأمر على هيئة شريط أو حزام يسمى بشريط كاسبار Casparian strip (شكل٣١ب)



(شكل ٣٣) رسم تخطيطى لقطاع فى جذر لتوضيح طريقة دخول الماء من التربه الى اوعيه الخشب

ويبدو أن هذا الشريط يتكون قبل تكون الجدار السليولوزى نفسه بالخلية الأندودرمية ، وجدران الخلية العادية تذوب فى حامض الكبرتيك ولكن هذا الشريط لايذوب فيه ومادتها غير منفذة للماء ولايوجد فى الجذر الحديث طريق لنفاذ الماء الى أوعية الخشب سوى الجدر الداخلية والخارجية للأندودرمس الا انه بتقدم العمر تتغلظ هذه الجدر أيضا ، وبذا يقفل الطريق فى وجه الماء الداخل إلى الاسطوانة الوعائية لولا بقاء بعض الخلايا بدون تغليظ وتسمى بخلايا المرور passage Cells تلى

طبقة الأندودرمس الاسطوانه الوعائية واولى طبقاتها هو نسيج البريسيكل pericycle ويكون أسطوانه تغلف الأسطوانة الوعائية وسمكه فى الغالب خلية واحدة وخلاياه إما برانشيميه أو اسكلر نشيميه وينفذ الماء بسهولة خلال جدره الى اوعية الخشب . حيث يوجد الخشب فى مجاميع مثلثة ومتبادلة مع مجاميع اللحاء وتلتحم مع بعضها بخلايا برانشيميه حين هى برانشيميه الخشب . وتمتد الأوعية الخشبية فى طول النبات على هيئة صف من الوحدات الوعائية غير الحية ذات جدر ملجننة وليس بينها جدر عرضية وبذا يزول كل عائق يعترض طريق مرور الماء والأملاح فى الوعاء الخشبى ومادة اللجنين لاتمنع نفاذ الماء إلى الداخل .

العوامل التى تعمل على جذب الماء من التربة إلى النبات

١ ـ قوة تشرب الجدر السليولوزية للخلايا بالماء

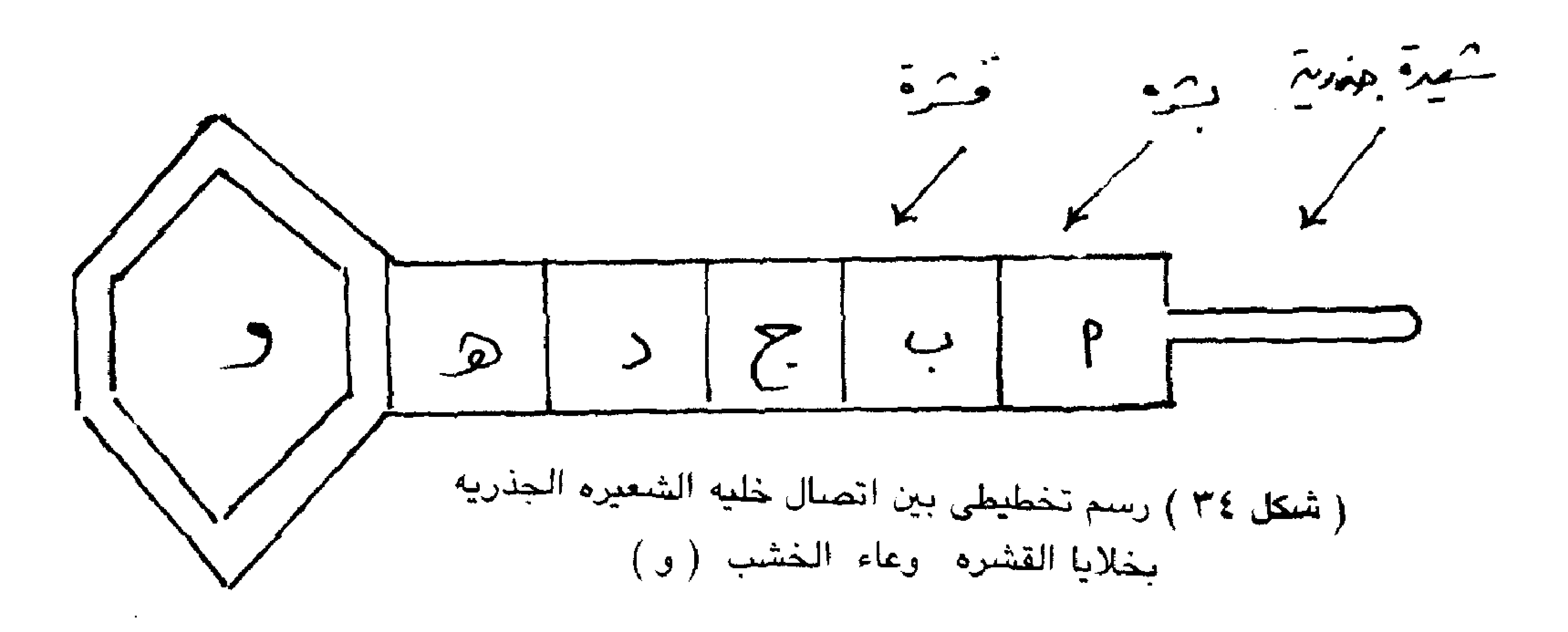
٢ ـ قوة الأمتصاص .

أولا : قوة تشرب الجدر السليولوزية للخلايا بالماء

خلايا منطقة الامتصاص فى الجذر بما فى ذلك الشعيرات الجذرية ملاصقة لماء التربة ، لذا كانت لديها اكبر فرصة لأن تتشرب جدرها بالماء الى اكبر درجة ممكنه ولما كانت جدر هذه الطبقة (البشره) ملاصقة لجدر اول طبقة من خلايا القشرة فتصبح جدر خلايا اولى طبقات القشرة اكثر تشرباً من جدر ثانى طبقات القشرة فينتقل اليها الماء وهكذا تتولد قوة تجذب الماء الى جدر الخلايا وفى نفس الوقت يكون تركيز ماء التشرب على جدر خلايا البشره قد انخفض فتتشرب بكمية آخرى من ماء التربة وتحدث موجه شد آخرى ، وهكذا تسرى موجات متتابعه يكون نتيجتها مرور تيار من الماء على جدر الخلايا وعندما يصل تيار ماء التشرب الى طبقة الأندودرمس فانه لايمكن ان يتعداها لتغلظها بشريط كاسبار الذى يعوق نفاذ الماء وبذا لايتقدم ماء التشرب اكثر من هذه الخطوة أى ان تأثيره لايتعدى منطقه القشرة وعلى ذلك ينتقل ماء التشرب الى اعلى فى الساق والاوراق لتعويض بعض ماتفقده من ماء فى عملية النتح . كما يلاحظ ان كمية الماء التى تدخل النبات عن هذا الطريق كمية ضئيله بالنسبة لما يدخل بقوة الامتصاص وأن كل الماء الذى يمر من طبقة الاندودرمس الى الداخل يكون تحت السيطره التامة لبروتوبلازم الخلية حتى لاتتاح فرص لفقد الماء الداخلى عن طريق قوة التشرب .

ثانيا قوة الامتصاص

لقد بينا سالفاً ان انتقال الماء من خلية نباتية الى خلية أخرى مجاورة لها يتوقف على قوة الأمتصاص وليس على ضغطها الأزموزى وان الماء ينتقل الى الخلية ذات قوة الامتصاص الأكبر ولما كان الضغط الازموزى لخلايا البشره (من ٣ ـ ٥ ضغوط جوية) اكبر منه لمحلول التربة (حوالى ضغط جوى واحد) فإن الماء ينتقل من محلول التربة الى فجوة خلية البشرة (أ) فتنتفخ الخلية وتنخفض قوة أمتصاصها عن الخلية (ب) وهى اول طبقة من خلايا القشرة فينتقل اليها الماء وتنتفخ (شكل) وتقل قوة أمتصاصها عن الخلية (ج) وهى



(**شكل ٣٤**) رسم تخطيطى بين اتصال خليه الشعيره الجذريه بخلايا القشره وعاء الخشب (و)

ثانى طبقات القشرة فينتقل اليها الماء وهكذا ينتقل الماء من خلية الى خلية حتى يصل الى آخر طبقة حية وهى البرانشيميه الخشبية (هـ) (شكل **٣٤**) وعندما يصل الماء الى البرانشيمة الخشب يندفع بقوة غير معروف كنهها الى وعاء الخشب (و) .

ويلاحظ انه لكى يتم انتقال (الماء) بالطريقة السابقة فانه لابد أن تصبح الخلايا فى الطريق الذى يسلكه الماء ممتلئة تماماً به . وقد أفترض Atkins أن خلايا الجذر خارج الأسطوانة الوعائية بمثابه غشاء بلازمى واحد يفصل بين محلول التربة والمحلول االذى يوجد فى اوعية الخشب ، وان الماء ينتقل عبر هذا الغشاء بقيمة الفرق بين الضغط الازموزى للمحلولين على جانبى هذا الغشاء كذلك لاحظ Atkins أن الضغط الازموزى لمحلول الأوعية الخشبية اعلى منه لمحلول التربة كما لاحظ أيضا ان الضغط الازموزى لخلايا القشرة اكثر ارتفاعا الا ان ذلك لايؤثر فى امتصاص الماء ، لانه سبق ان اوضحنا أن امتصاص الماء لايعتمد على الضغط الازموزى للعصير الخلوى ، بل يعتمد على قوة الأمتصاص الازموزية التى تنقص عن الضغط الازموزى

بمقدار ضغط الجدار ولاشك أن قيمة ضغط الجدار تكون كبيرة وتزداد قيمتها بامتصاص الماء ونظرا لاستمرار امتصاص الماء وانسكاب هذا الماء الممتص فى اوعية الخشب فأن هذا يؤدى حتما الى خفض تركيز محلول الوعاء الخشبي لذلك لابد من وجود امدادات متصله من مواد ذات ضغوط ازموزية عالية كالسكر والأحماض العضوية ـ تصب فى وعاء الخشب حتى تحافظ على زيادة الضغط الازموزى لمحلول الوعاء ، هذه الامدادات تأتى من خلايا برانشيمية الخشب المحيطه به خلال جدرها المنفذه والملاصقة لاوعيتة .

ويعتبر العالم Priestly أن التركيب الخاص بطبقة الاندودرمس والتى سبق شرحها كفيله بالابقاء على تركيز محلول وعاء الخشب عالياً فوجود شريط كاسبار على الجدر القطرية لخلايا طبقة الأندودرمس يجعل منها اسطوانه محكمه تمنع تسرب الذائبات من براشيمه الخشب الى الخارج وتحدد مرور الماء من القشرة الى اوعية الخشب خلال بروتوبلازم خلايا الاندودرمس وذلك لاقتصار النفاذية على الجدر المحيطة فقط .

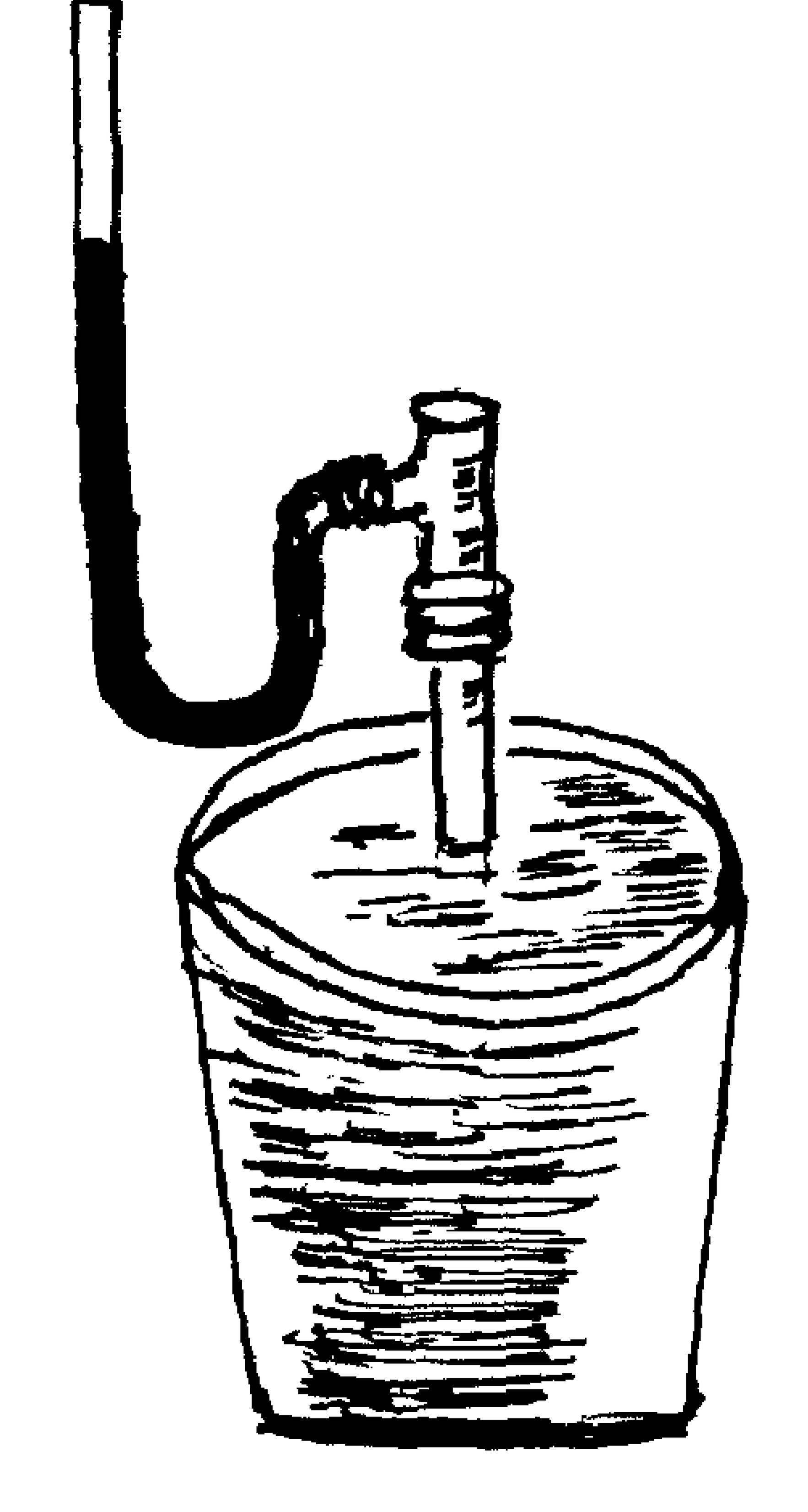
وتوجد عدة تفسيرات مختلفة لامتصاص الماء بواسطه الجذور ، فقد يكون الأمتصاص مباشر اوغير مباشر direct or indirect absorption وقد اقترح Kramer ١٩٤٩ أن أمتصاص الماء يحدث من قوتين مختلفتين تعمل كل منهما مستقله عن الاخرى فالنباتات التى تنتح ببطىء والمروية جيدا فامتصاص الماء فيها يكون أساسا من القوى الناشئه فى الجذور وهو مايعرف بالضغط الجذرى Root presure أو الأمتصاص المباشر direct absorptionاما النباتات التى تنتح الماء بسرعة فأمتصاص الماء فيها يحدث من القوى الناتجة فى المجموع الخضرى والتى تنتقل خلال الماء بأوعية الخشب الى الجذر (أمتصاص غير مباشر) .

ولعل مايؤيد ميكانيكية أمتصاص الماء تلك التجربة التى اجراها Kramer ١٩٣٢ عند ملىء تجويف اعناق اوراق نبات الباباز بمحلول سكرى له ضغط ازموزى يعادل ضغطين جويين ثم غمس هذه الاعناق فى الماء المقطر فلاحظ أنتقال الماء خلال خلايا العنق الى الخارج سببا بذلك زيادة حجم المحلول السكرى وذلك على الرغم من أن الضغط الازموزى لخلايا عنق الورقة كان أعلى من الضغط الازموزى للمحلول السكرى .

ويمكن أثبات التيار المائى الناتج عن الضغط الجذرى عملياً اذا قطعنا ساق نبات نام فيلاحظ بعد وقت قليل خروج قطرات من الماء من السطح المقطوع منشؤها قوة الضغط الجذرى وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الادماء Bleeding وترى بوضوح عند تقليم العنب .

وعند تثبيت أنبوبة مانومترية بها زئبق تثبيتاً محكماً بواسطة انبوبة من المطاط على سطح النبات المقطوع (شكل **٣٥**) ورويت التربة فيلاحظ بعد مده أرتفاع الزئبق فى ساق المانومتر البعيده دليلا على خروج الماء بقوة الضغط الجذرى ويمكن استخدام هذه الطريقة فى قياس قيمه الضغط الجذرى للنبات وهناك ظاهرة آخرى موجودة فى النبات تعرف بظاهرة الادماع Guttation وترى فى الصباح الباكر على شكل قطرات من الماء على أطراف اوراق بعض النباتات خصوصاً نباتات العائلة النجيلية ونباتات أبو خنجر والقلقاس والكرنب والطماطم وبعض الأشجار وسبب هذه الظاهرة انه اثناء الليل تكون الثغور مقفله ويدخل الماء من الجذور الى أوعية الخشب فى الجذور والساق والاوراق بقوة الضغط الجذرى ولايجد الماء الزائد عن حاجة النبات سبيلاً للخروج الاعن طريق فتحات صغيرة موجود فى نهاية الاوعية الخشبية الدقيقة باطراف الاوراق وهذه الفتحات تعرف بالثغور المائيه Hydathodes وتبقى مفتوحة دائما فيخرج الماء على شكل قطرات متتابعه . وتشاهد هذه الظاهرة فى الصباح الباكر لليلة دافئة فيساعد الدفء على أمتصاص الجذر للماء وهذه القطرات الدمعية ليست ماء نقياً بل هى خليط من الماء ونسبة قليله من المواد الذائبة كالسكريات والأملاح المعدنية والأحماض الامينية وقد ينشأ عنها رواسب ملحية اذا تبخرت هذه القطرات بسرعه وقد تمتص هذه القطرات مرة آخرى عن طريق الثغور المائية .

والضغط الجذرى تختلف قيمته باختلاف فصول السنه ومن المعتقد أن قيمته تبلغ أقصاها فى بداية الربيع وقبل تمام تكوين الاوراق الحديثة حيث نقل قيمه النتح وتقل قيمتة كلما كبرت الاوراق وزاد معدل نتحها لذلك يعتبر الضغط الجذرى من العوامل الهامة فع رفع العصارة .



(**شكل ٣٥**) تجربة لبيان قوة الضغط المائى

العوامل التى تؤثر على أمتصاص الجذور للماء .

١ ـ درجة حرارة التربة : Soil Temperature

معدل أمتصاص النبات للماء يتناسب طرديا مع درجة الحرارة فيزداد معدل الأمتصاص بازياد درجة الحرارة ويقل بانخفاضها ويرجع السبب فى ذلك الى ان انخفاض درجة الحرارة تعمل على تجمع جزئيات اى مادة وبذا يقل معدل انتقاله من التربة الى النبات كما ان المعامل الحرارى له اثر كبير على عملية امتصاص الماء فإن رفع درجة الحرارة ١٠ درجات مئوية يزيد معدل الامتصاص من ١,٢ الى ١,٣ مرة فى حين ان معدل الامتصاص للنبات من الماء يزيد كثيرا عن ذلك لنقص لزوجه لدرجه البروتوبلازم وزيادة نفاذتية للماء بارتفاع درجة الحرارة كما ان زيادة سرعه التنفس بارتفاع درجة الحرارة يوفر قدرا من الطاقة يساعد على زيادة كمية الماء الممتص .

وبالتجربة يمكن اثبات أن خفض درجة الحرارة يقلل من معدل مايصل الى الجذر من الماء فيذبل النبات وذلك بأن نأتى بأصيص به نبات نام ونضع هذا الأصيص فى مخلوط مبرد من الثلج المجروش بحيث يترك المجموع الخضرى للنبات فى الجو العادى للغرفة فيلاحظ بعد مده ذبول النبات رغم ان مجموعة الخضرى موجود فى درجة الحرارة العادية ويرجع ذبول النبات الى ان أنخفاض درجة حرارة التربة فى الأصيص سبب قله انتقال الماء الى الجذر بدرجه لاتتساوى مع مايفقد النبات بالنتح . فاذا ماأجرجنا الأصيص من الثلج الى الدرجة العادية فان حالة الذبول تزول تدريجيا هذا مايفسر لنا تساقط اوراق بعض النباتات فى الشتاء لعدم تكافؤ مايمتص النبات مع مايفقده لذا يلجأ النبات الى التخلص من اوراقه حتى يوازن بين الفقد والامتصاص اما النباتات دائمة الاخضرار فإن لها من الصفات مايمكنها من الاحتفاظ باوراقها .

٢ ـ كمية الماء فى التربة :

الماء يوجد فى التربة على صورتين : الأولى وهى الماء الميسور Available water وهو الماء الذى يمكن أن يمتصه النبات بواسطة مجموعة الجذرى ، والصوره الثانية هى الماء غير الميسور Non - available water وهى كمية الماء التى تتخلف فى التربة ولايستطيع النبات ان يمتصها ، ومن المعلوم أن النباتات لاتستطيع ان تمتص كل الماء الموجود فى التربة ولذلك فانه يوجد دائما بالتربة بعض الماء والذى يكون فى غير متناول النبات لالتصاقه بقوة عالية بحبيبات التربة بحيث يعجز النبات عن امتصاصه والسعه الحقلية Field Capacity هى عبارة عن كمية الماء التى تحتفظ به التربة بعد انتهاء تصريف الماء الزائد الحر بها ويكون الماء المتبقى بالتربة ممسوك بقوه الجذب السطحى على هيئة أغشية محيطه بحبيبات التربة Adsorbed أو متشربا على

الغرويات او بالمسافات الشعرية الموجودة بين حبيبات التربة والسعه الحقلية تتراوح بين ٥ ٪ فى الأرض الرملية الى ٤٥ ٪ فى الارض الطينية الثقيلة من وزنها الجاف ويستمر النبات فى امتصاص الماء من التربة الى ان يبدأ فى الذبول حتى يصل الى مايسمى بنقطة الذبول الدائم permanent wilting point ولايستطيع النبات فى هذه الحالة الرجوع لحالته الطبيعية عند وضعه فى غرفة رطبه مظلمه والحل الأمثل لاعادة النبات لحالته الطبيعية هى اضافة الماء للتربة وتتراوح نقطة الذبول من ١ ٪ بالاراضى الرملية الى ٢٥ ٪ فى الأرض الطينية الثقيلة .

والماء القابل للافادة بالتربة هو عبارة عن الفرق بين السعه الحقلية وبين نقطة الذبول الدائم .

٣ ـ نوع التربة Soil type

من المعروف ان التربة الرملية هى اسخى انواع التربة بمائها للنبات بالرغم من ان سعتها الحقلية قليلة إذا قورنت بانواع الاراضى الاخرى وذلك لان الاراضى الرملية تحتفظ بالماء على صورة ماء شعرى فقط بقوة الخاصة الشعرية وهى قوة ليست كبيره وعلى ذلك لايصعب على النبات انتزاع الماء منها .

أما الاراضى الطينية فانه نظرا لدقه حبيباتها فانها تحتفظ بالماء على صورتين الاولى وهى الماء الشعرى والثانية وهى الماء الذى يغلف الحبيبات بقوة التجمع السطحى وواضح ان القوة الاخيرة كبيرة وتقدر بعده ضغوط جوية ولايسهل على النبات الاستفادة منها وعلى ذلك فالاراضى الطينية اقل سخاء بمائها من الاراضى الرملية اى ان النباتات تذبل فى الاراضى الطينية وبها كمية من الماء اكثر من الموجودة فى الاراضى الرملية عند ذبول نباتاتها .

أما الاراضى الطينية المحتوية على المواد العضوية ، فنظراً لدقه حبيباتها واحتوائها على المواد العضوية التى تتحلل فى التربة الى مواد غروية فانها تحتفظ بالماء على ثلاثة صور : الاولى وهى الماء الشعرى كما فى الأراضى الرملية والطينية ، والثانية وهى الماء المغلف للحبيبات كما فى الاراضى الطينية والثالثة وهى ماء التشرب الذى تتشرب به الدقائق الغروبة العضوية اى انها اكثر انواع التربة احتفاظا بالماء وتذبل بناتاتها ومازالت بها كمية من الماء تفوق الموجودة منه فى الاراضى الرملية والطينية عند ذبول نباتاتها .

وعلى ذلك فنوع التربة هو العامل المحدد لعامل الذبول ويساوى

$$\left(\frac{\text{نسبه الماء عند الذبول}}{\text{وزن التربه الجاف}} \right)$$

وليس نوع النبات نفسه وان اختلف الوقت اللازم للذبول :

ومعرفه الماء الذى يسهل على النبات تناولة أو أمتصاصه اهم فى الواقع كثيرا من معرفة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء فقد ثبت علميا لكثير من النباتات انه اذا كانت التربة تحتوى على نسبة رطوبة اعلى من نقطة الذبول الدائم فأن ذلك سيكون مناسبا لنمو النباتات حيث انه لاتوجد نسبة رطوبة مثلى لنمو النبات اى محتوى مائى تنمو عنده النباتات بدرجة أفضل . فمثلا اذا كانت تربه زراعية سعتها الحقلية ٣٥ ٪ ومعامل ذبولها ١٧ ٪ فإن النباتات النامية بها ستنمو بنفس الكفاءه عند نسبه رطوبة ١٨ ٪ ١٩ ٪ ٢٠ ٪ او اى نسبة أخرى حتى نسبة ٣٥ ٪ وبعد رى التربة او سقوط الامطار وبعد صرف المياه مباشره فإن التربة تصبح ولعمق معين (يتوقف على نوعية التربة) عند سعتها الحقلية من الرطوبة صالحة لأمتصاص الجذور للماء بمجرد ان تصبح التربة بها درجة رطوبه أقل من هذه السعه الحقلية وتستمر جذور النبات فى أمتصاص الماء الى ان تصل نسبة رطوبه التربة الى نقطة الذبول الدائم .

٤ ـ درجة تركيز محلول التربة Solute concentration of Soil Solution

تقل قدرة أمتصاص المجموع الجذرى للماء كلما زاد تركيز محلول التربة وعندما تتعادل قيمة الضغط الازموزى لمحلول التربة مع الضغط الازموزى لخلية الشعيره الجذرية فان امتصاص الجذر للماء يقف تماماً اما اذا زاد تركيز محلول التربة زيادة ملحوظة فإن الخلايا تبدأ فى فقد الماء كما يلاحظ ذلك فى الاراضى الملحية او عند زياده أضافة الأسمدة او الرى بماء ملحى وفى هذه الحالات فان الجذور تتوقف عن النمو وعن أختراق طبقات جديدة من التربة وقد وجد Magisted Reitemier عام ١٩٤٣ أن ضغط أزموزى للتربة قدره ٢ ض جـ يقلل النمو وأن ضغط ازموزى قدره ٤ ض حـ يسبب ضرر لمعظم النباتات .

٥ ـ درجة التهوية فى التربة : Aeration of the Soil

لابد من وجود الأكسجين حول المجموع الجذرى لعملية امتصاص الجذر للماء واذا أستبدل الأكسجين بأحد الغازات الأخرى كالنتروجين او الأيدروجين فإن النباتات سرعان ماتذبل نظرا لعجز جذورها عن أمتصاص الماء تحت الظروف اللاأكسجين وعلى ذلك يزداد معدل أمتصاص الجذور للماء بازدياد التهوية بالتربة والعكس صحيح بالنسبة لغالبية النباتات وهذا يفسر لنا عدم أستطاعه النباتات النمو فى الاراضى الغدقه او رديئة الصرف او ذات المستوى المائى المرتفع ومما هو جدير بالملاحظة ان الضرر ينشأ لمثل هذه النباتات ليس راجعا الى كثرة وجود الماء كما هو شائع ولكن الضرر ينتج عدم توفر الاكسجين حول المجموع الجذرى بدليل نجاح زراعة النباتات فى المزارع المائية الصناعية اذا أحسن تهويتها بدفع تيارات مستمرة من الهواء فيها بين حين وآخر .

وأهمية توفر الأكسجين فى التربة ترجع الى وقف عملية التنفس اللاهوائى فى الجذر وتوفير الطاقة اللازمة للأمتصاص من عملية التنفس الهوائى ولتهوية التربة فائدة آخرى وهى تنشيط عمل بعض انواع من البكتريا المفيده فى التربة فتحدث عمليات الأكسدة التى يستفيد منها النبات ، بينما فى حالة عدم توفر الأكسجين فان عملية التخمر Fermintation تحل محل الأكسدة وتتراكم منتجاتها السامه فى التربة وتؤثر على عملية أمتصاص الجذر للماء .

وتختلف الأنواع النباتية فيما بينها أختلافا كبيراً بالنسبة لمقدرتها على النمو فى تربة مشبعه بالماء وقليلة التهوية ويرجع اختلاف تحمل الأنواع النباتية المختلفة الى غمر الارض بالماء الى كل من الاختلافات المورفولوجية والفسيولوجية فالجذور النامية فى تربه قليله التهوية تحتوى على مسافات بينية كبيره وغرف هوائية air passages عن الجذور النامية فى تربة حسنه التهوية .

وتنقسم النباتات حسب درجة أحتياجاتها للماء الى عده مجاميع حيث يعتبر توفر الماء اللازم للنباتات من أهم العوامل المحدده لنموها فى بعض الأحيان وهناك ثلاث اقسام رئيسية من النباتات حسب درجه أحتياجها للماء :

١ ـ **نباتات صحراوية** Hyrophytes وهى النباتات التى تستطيع الأستمرار فى النمو فى مناطق شديده الجفاف وهى ذات تركيبات مورفولوجيه تحدد جداً من النتح .

٢ ـ **نباتات مائية** Hydrophyses وهى النباتات التى تعيش فى مناطق رطبه جداً او فى الماء .

نباتات متوسطه Mesophytes وهى النباتات التى تنشط فى النمو فى البيئات ذات الرطوبة المتوسطة .

صعود العصارة The Ascent of sap

يتحرك الماء الى أعلى داخل النبات عن طريق امتصاصه بواسطه الجذور ثم ينتقل الى السيقان ثم الى الورقة وفيها يخرج على هيئة بخار ماء الى الجو المحيط ويعتبر رفع العصارة من الجذر الى قمم الأشجار المرتفعة من التساؤلات المحيرة خاصة القوى التى تساعد فى رفع الماء حيث انه عند تقدير القوة اللازمة او الضغط اللازم لرفع الماء خلال اوعية الخشب وجد انه يلزم بذل قوة تعادل ٢٠ ص جـ (حوالى ٣٠٠ رطل على البوصة المربعه) لرفع عمود الماء خلال اوعية الخشب الى ارتفاع ٣٥٠ قدم وهذا التقدير يأخذ فى الاعتبار مدى مقاومة أنسجة الخشب لحركة الماء ، وكذلك وزن هذا العمود من الماء وحتى الان لايوجد رأى واحد بين دارسى علوم فسيولوجيا النبات يفسر

هذا الظاهرة رغم ظهور العديد من النظريات لتفسير ذلك مثل النظرية الحيوية Vital theory والتى ثبت عدم صحتها لانها كانت تعتبر ان صعود الماء ماهو الانتيجة الطاقة المبذولة من الخلايا النشطه الحية بعد ان أتضح ان الأفرع المقطوعة عند وضعها فى الماء تظل تقدم بعملية الأمتصاص رغم معاملة هذه الافرع بمواد سامة مختلفة وذلك لان النسيج المسئول عن نقل الماء (أوعية الخشب) هى خلايا ميته أصلا فى النباتات النامية وقد نادت بعض النظريات على ان الجذر نفسه يقوم بضخ الماء الى اعلى النبات عن طريق بذل طاقة ناتجة من هدم المركبات العضوية وأيضا عن طريق قوى الأمتصاص الأزموزية ولم تثبت أيضا صحة هذه هذه النظريه لعديد من الأسباب اهمها ان كمية الماء المتصه بهذه الطريقة لاتوازى كمية الماء التى يفقدها النبات مع وجود بعض انواع من النباتات التى لاتقوم جذورها بهذه الظاهرة .

وعموما يمكن القول أن أكثر التفسيرات فاعلية فى صعود العصارة الى أعلى النبات يمكن تلخيصها فى نظريتين تعملان جنبا الى جنب وهما نظرية جذب النتح لأعمدة الماء بإوعية الخشب والثانية نظرية قوة تماسك Water Cohesion Theory جزئيات الماء .

(أ) جذب النتح Transipiration - pull

ويرجع جذب النتح لاعمدة الى عاملين اساسية :

١ ـ تبخير الماء Water Evaporation

عند تبخر جزئيات الماء من جدر خلايا أنسجة الأوراق أثناء النتح تتولد بعض القوى تعمل على تحرك اعمدة الماء خلال النبات فعند تبخر الماء من جدر هذه الخلايا الى الفراغات البينية وحجر الثغور الموجودة باوراقة تبدأ هذه الجدر فى الجفاف النسبى .

٢ ـ التشرب Imbibition

تفقد جدر خلايا الورقة الماء وتجف نسبيا ثم تبدأ فى تشرب الماء من محتويات الخلية او من جدر آخرى مجاورة لها وذات محتوى مائى أعلى وقوى التشرب او قوى جذب حبيبات الماء للأنسجة النباتية ذات معدلات عالية جداً ، اذ تصل قوى تشرب البدور الجافة للماء حوالى ١٠٠٠ ض جـ لذلك فانه أثناء عملية النتح يقل تدريجيا ضغط انتشار الماء من جدد الخلايا بسبب قوى التشرب بين الماء وهذه الجدر ذات الجفاف النسبى ـ بذلك يبدأ تحرك الماء من بروتوبلاست الخلية الى جدر هذه الخلايا ويختل توازن الماء بالخلية وهذا الاختلال يصل من خلية الى آخرى نتيجة لسحب الماء من الخلايا المجاورة ويتم هذا عن طريق جدر ومحتويات الخلايا معاً وبذلك تبدأ جزئيات

الماء فى الحركة من اوعية الخشب الى الخلايا المجاورة بقوة شد توازى قوى التشرب التى نشأت فى جدر خلايا الورقه .

(ب) أستمرار وتماسك أعمدة الماء Water Continuity and Cohesion

أعمدة الماء تتصل بأوعية الخشب من الورقة الى الجذر ويستمر هذا الاتصال طول حياة النبات بمعنى آخر ان اعمدة الماء تنمو بنمو النبات ولكن خلايا الجدرالحية واوعية الخشب نفسها والخلايا الحية بالورقة تعمل على اعاقة ومقاومة حركة الماء داخل النبات هذه المقاومة بالاضافة الى قوى الجاذبية الارضية تعملان جنبا الى جنب فى مقاومه صعود الماء للنبات .

وتتغلب القوى الناتجة بالورقة على هذه المقاومة لصعود الماء لها ويجب ان نعرف مدى قوة تماسك هذه الأعمدة المائية المتعرضة لقوتين متضادتين أحداهما يعمل على جذب عامود الماء الى أسفل فى حين ان الاخرى تعمل على جذب عمود الماء الى اعلى رغم انه من المعلوم ان هذه الأعمدة المائية تظل متماسكة .

وفى الحقيقة ان هذه الأعمدة المائية تستطيع ان تقاوم قوة شد تصل الى ٣٠٠ ض جـ بدون تتفكك وذلك يرجع الى سببين رئيسين هما قوة ترابط حبيبات الماء Cohesion وقوة تلاصق Adhesion حبيبات الماء لجدر خلايا اوعية الخشب وهاتين القوتين تعملان معاً على الحفاظ على استمرار وتماسك الأعمدة المائية بالنبات وعدم تفككها لذلك يرتفع الماء بالقوة المتولدة من تبخر الماء من جدر خلايا الورقة وتولد قوى التشرب بهذه الجدر .

The Stem الساق

الساق هى الجزء من النبات الذى يحمل الاوراق والأعضاء التكاثريه ويكون عادة هوائيا ، ينمو متجها الى اعلى . كما يعمل الساق على نقل وتوصيل الغذاء الغير مجهز من الجذور الى الأوراق والبراعم والازهار والثمار .. وتوصيل الغذاء العضوى المجهز من الأوراق الى باقى اجزاء النبات .

وتتميز السيقان الى عقد Nodes . وسلاميات Internodes والاولى هى اماكن اتصال الاوراق بالساق ـ تنمو البراعم على الساق من مكانين اما من آباط الاوراق وتعرف بالبراعم الابطيه Axillary buds او من موضع طرف فى نهاية الساق او الفرع وتعرف بالبراعم الطرفية — Terminal buds

انواع السوق Types of Stems

اولا : سوق هوائيه

ا ـ سوق عشبية :

واشكالها : ـ

١ ـ قائمة
٢ ـ منبسطة
٣ ـ جارية
٤ ـ متسلقة
٥ ـ قصيره،قزمية
٦ ـ المتضاعفه

وتحوراتها

١ ـ متورقه
٢ ـ محلاقية
٣ ـ شوكية
٤ ـ مخزنه
٥ ـ زهرية
٦ ـ حمايه النبات

ب ـ سوق خشبية

ثانيا : سوق ارضيه

اشكالها وتحوراتها

١ ـ الريزومات
٢ ـ الدرنات
٢ ـ الكورمات
٤ ـ الابصال
٥ ـ الجذور الطفيليه

اولا : السوق الهوائية Aerial Stems

الساق الهوائية هى الساق التى تنمو فوق سطح الارض فى اتجاه الضوء .

أ ـ السوق العشبية : ـ

وهى ساق غضه خضراء اللون . لايحدث فيها عادة زيادة فى السمك فانسجتها ابتدائية . محاطة ببشرة من الخارج . وقد يكون ملساء Glabrous (فول) او مغطاة بشعيرات Haivs (عباد الشمس، البطاطا) او اشواك Prickles(ورد) او بطبقة شمعية Wax (ذرة) او سميكه (قصب السكر)

وتظهر فى القطاع العرضى باشكال متعددة فهى اسطوانية Cylindrical جوفاء (قمح ـ ارز ـ برسيم) . او مسمطه (ذرة . قصب السكر) ـ مضلعه Anguler ـ ثلاثية (السعد) او رباعيه (فول) ، خماسيه (اللوف) ، منبسطة (سفندر)

(ب) سوق خشبية Woody

وتمتاز هذه السوق بأنها صلبة تزداد بوضوح فى السمك وتصبح غير خضراء بتقدمها فى العمر . وتنتسب الى النباتات المعمرة . والنباتات التى لها مثل هذه السوق قد تكون أشجارا Tress اذا كانت كبيرة الحجم وتوجد بقاعدتها ساق رئيسية واحدة تعرف بالجذع Trunk أو تكون شجيرات Shrubs أن كانت أصغر من السابقة ويوجد عند قاعدتها عدة سوق متساوية تقريبا فى السمك وقد تكون تلك النباتات مستديمة الخضرة Evergreen كالمانجو والكافور أو متساقطة الأوراق Decidusous كالتفاح والخوخ والبوانسيانا والكاسيانيدوزا .

اشكال السوق

١ ـ القائم Erect Stem

وهى الساق القائمه التى تنمو الى اعلى فى اتجاه الضوء وقد يحدث فيها تفريع اولا يحدث

٢ ـ الساق المنبطحه او الزاحفه Prostrate or creeping stem

وهى لاتحتوى على النمو الرأسى قد تزحف على ارض كالبطيخ والخيار . تفرعها عادة صادق المحور

٣ - الساق الجارية "Runner "stolon

تنمو موازيه لسطح الارض او الماء لعدم قدرتها على النمو الرأسى .

تفرعها كاذب المحور عادة تخرج عليها جذور عرضية ومن امثلتها المعروفه الفراوله .

لاحظ الساق الاسطوانيه الرفيعه والتى تحمل على عقدها اوراق مختزله عبارة عن زوج من الاذنات بينهما جمله شعيرات قصيرة ومن النباتات المائيه : ياسنت الماء Eichhornia وخس الماء Pistia

٤ - الساق المتسلقة Climbing Stem

وهى ساق لاتقوى على النمو الرأسى بمفردها ولكن يمكن لها ان تتسلق على غيرها من النباتات او الدعامات ولذلك عدة وسائل : -

أ - الألتفاف : Twining

وفى هذه الحاله تلتف الساق على ساق نبات آخر او دعامه بطريقة حلزونيه حيث تأخذ قمه ساق النبات الملتفه وضعا مائلا او افقيا وتتم اللفه الكامله فى حوالى ٢ - ٢٤ ساعه ويختلف نظام الألتفاف ففى بعض النباتات يكون الالتفاف مع عقارب الساعه مثل العليق واللبلاب والفاصوليا والاسبرجس . وقد يكون العكس اى فى الاتجاه ضد عقارب الساعه او يكون فى كلا الاتجاهين مثل Solanum dulcamere والنباتات الملتفه ان لم تجد ماتتسلق عليه زحفت على الارض وقد تفقد القدرة على التسلق نتيجة لعمليات الانتخاب والتربية كما حدث فى البطاطا .

ب - المحاليق Tendrils

قد تتحور بعض السوق او الاوراق وتكون مايعرف بالمحلاق وقد يكون متفرع او غير متفرع - اطراف هذه المحاليق حساسه وعند ملامستها للدعامة او عند حدوث احتكاك يزداد نمو الجانب الغير ملامس للدعامه فينتج عن ذلك الألتفاف ومن أمثلتها مايوجد فى العنب واللوف وبسله الزهور

حـ - الاشواك Thorns or Prickles

الاشواك نوعان اما ان تكون زوائد عديدة الخلايا متصلبه وتعرف باسم Prickles والمثال لذلك مايشاهد فى الورد اما النوع الثانى فهى افرع ابطيه متحورة تسمى Thorns وتشاهد فى نبات الجهنيه Boygainvillaea

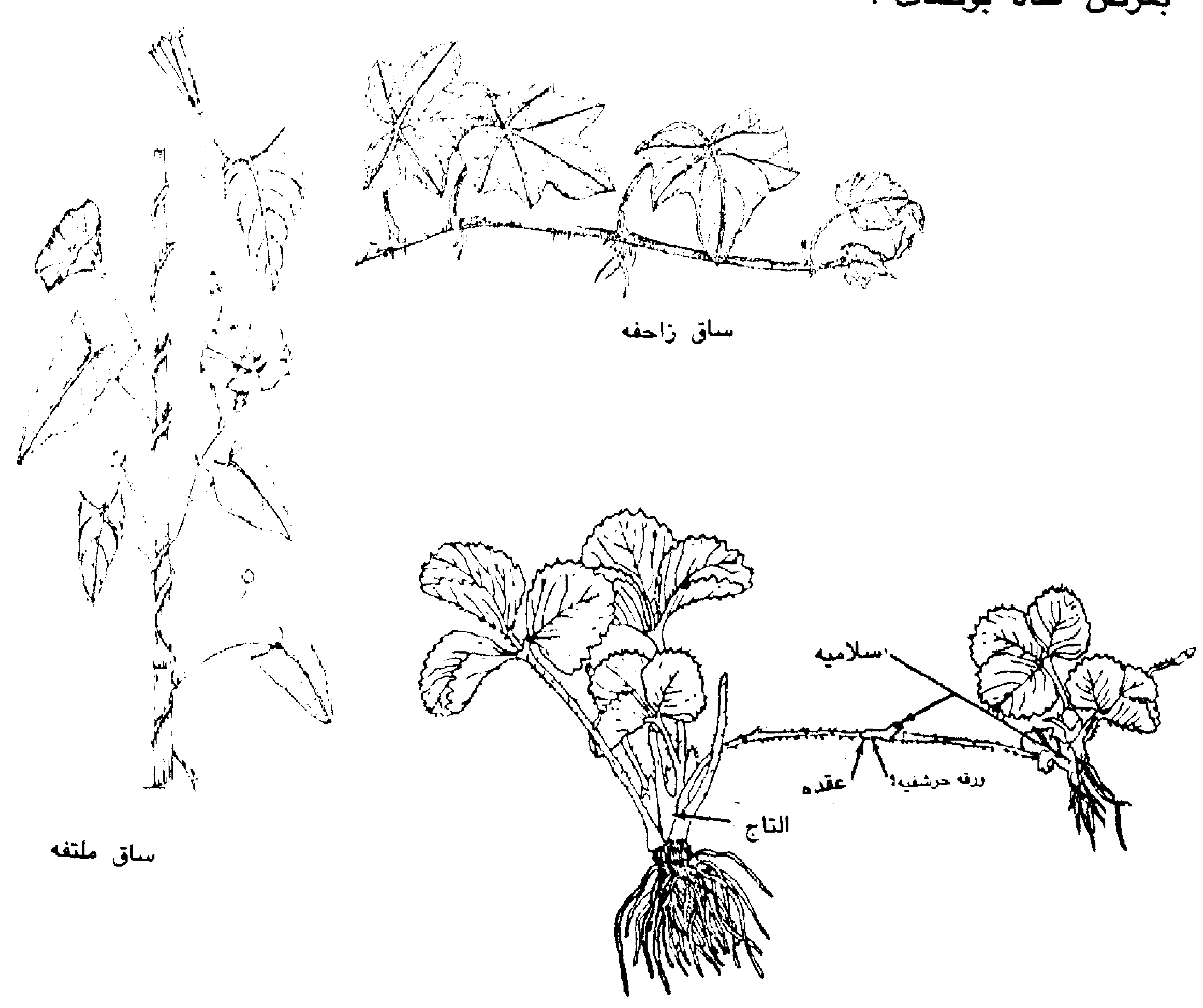
٥ ـ الساق القصيرة والقزمية Short and Dwart Stems

الساق القصيرة والقزمية هى سيقان تقاربت عقدها وقصرت سلمياتها وتختلف القصيرة عن القزمية بان قمه الاولى لها القدرة على الاستطاله . كالسوق القصيرة ذات الاوراق المتوردة فى الجزر والبنجر والتى تشاهد فى العام الاول من النمو ثم لاتلبث ان تستطيل فى العام الثانى

اما الساق القزمية Dwart فليس لها القدرة على الاستطاله كما يشاهد فى التراكيب المعرفه بأسم الدوابر الورقية فى نبات الصنوبر .

٦ ـ الساق المتضاعفه Fasciated Stem

يشاهد هذا التضاعف فى نبات الخس ويحل محل الساق تركيب شريطى الشكل بعرض عدة بوصات .



تحورات السوق الهوائية Modifications of Aerial Stems

١ ـ السوق المتورقه Cladophylls

تتحور ساق بعض النباتات لتقوم بوظيفة الاوراق فى عملية البناء الضوئى وذلك لتحور الاوراق الى اشكال اخرى لاتسمح بتأدية وظيفتها الاساسيه .. ومن الامثله المعروفه مايشاهد فى نبات التين الشوكى Opuntia والذى تتفلطح فيه جميع الافرع الخضرية وتصبح ذات شكل ورقى وهى تلك الاقراص الكبيرة وكذلك تشاهد هذه الحاله من النمو فى اشجار الكازورينا Casuarina وسوق نبات المهلبنكيا muchlenbeckia ففى ساق الكازورنيا تصبح السوق انبوبة الشكل رفيعة خضراء وفى المهلنبكيا تظهر الساق على شكل شريط ورقى مقسم يحمل عقد عليها اوراق مؤقته فى الربيع ونورات فى الخريف .

وبنات السنفدر Ruseus تخرج سوقه المتورقه مشابهه للاوراق العاديه من آباط اوراق حرشفيه .

والامر مختلف فى نبات الهليون Asparagus officinalis حيث ان الساق المتورقه لاتحتوى الا على سلامية واحدة وتعرف هذه الحاله بأسم Cladode

٢ ـ السوق المحلاقية Stem Tendrils

تخرج السوق المحلاقيه غالبا من آباط الاوراق كما فى نبات الباسيفلورا Passiflora او يخرج من نمو برعم طرفى .

٣ ـ السوق الشوكية Stem Thorns

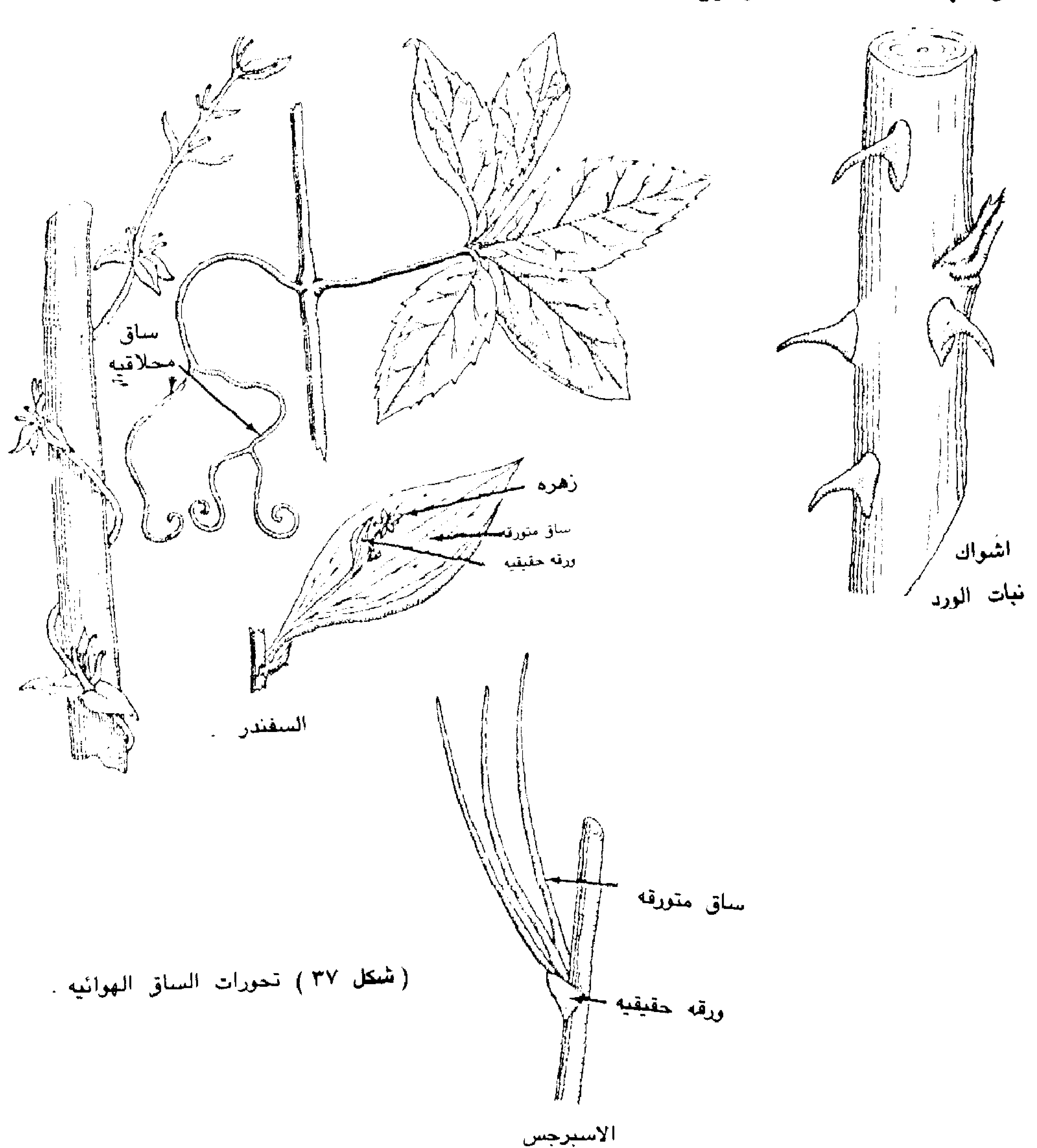
تتحور بعض سوق النباتات الى اشواك بتصلب قمتها النامية وذلك لتقليل النتح وحمايتها بالاضافة الى المساعدة على التسلق حتى تتمكن من الوصول الى ضوء الشمس ومن النباتات التى تحورت فيها السوق الى اشواك العاقول Alhagi ، زلا Zilla ، الجهنميه

٤ ـ السوق المخزنه Storage stems

تقوم هذه السوق بعملية تخزين الماء وبعض المواد الغذائية فتبدو عصاريه تغطيها طبقه سميكه من الكيوتين لمقاومة الجفاف ومن امثلتها التين الشوكى والصبار جنس Cactus

٥ ـ الزهرة Flower

قد تتقارب العقد وتقصر السلاميات ويتضخم هذا الجزء من الساق وتحمل وحدات متخصصة . ويسمى هذا المنتفخ تختا Receptacle وتمتاز الزهره بعدم وجود براعم فى آباط الاعضاء الزهريه



(شكل ٣٧) تحورات الساق الهوائيه .

ثانيا : ـ السوق الارضيه : ـ Subterranean stems

وهى السوق الموجودة تحت سطح التربه ووظيفتها الاساسيه التعمير Perennation ، كما انها تقوم بدور رئيس فى التكاثر الخضرى Vegetative Reproduction ، بالاضافه الى ذلك فقد تقوم بتخزين للمواد الغذائية للمساعدة على القيام بوظائفتها .

اشكال السوق الارضيه Forms of Subterranean Stems

١ ـ الريزومات Rhizomes

الريزومات ساق ارضيه تنمو افقيا تحت سطح التربه ـ مقسمه الى عقد وسلاميات وهى غالبا كاذبه المحور Sympodial حيث ينمو البرعم الطرفى الى اعلى مكونا فرعا هوائيا وينمو البرعم الابطى افقيا لاستكمال النمو اما فى حالة التريديات فان التفرع يكون صادق المحور حيث يستمر البرعم الطرفى فى النمو اسفل سطح التربه ولايظهر فوق السطح الا الاوراق الخضراء وتسمى فروندات Fronds والريزمات اداه للتعمير فى المواسم الغير ملائمه حيث يزول المجموع الخضرى من فوق سطح التربه وتبقى الريزدمات حيه اسفل السطح لتجدد دورة الحياه بحلول المواسم الحديده .

والريزوم يختلف فى سرعه النمو من بنات الى آخر فنجده سريع النمو اسطوانى الشكل صلب فى النجيل وقصب الرمال واما فى النعناع Mentha spp. والفليه فنجده سريع النمو ومتشحم نسبيا

ويختلف الوضع فى الايرس Iris والكنا Cannaوالغاب Bambusaوالبردى Cyperus فنجده بطىء النمو متشحم سميك سمبل يقوم بالتخزين ويسمى ريزوم متدرن Tuberous

وقد تنمو الريزومات راسيا تحت سطح التربه ويتكون عليها جذور شادة

٢ ـ الدرنات Twbers

قد تتضخم نهايه الريزوم الارض وتكون جزء نباتى يقوم بأختزان الغذاء يعرف بأسم الدرنه وتظهر عليها فى بعض الحالات العقد والسلاميات بشكل واضح كما فى نبات حب العزيز Cyperus esculentus وفى درنات البطاطس لاتظهر لاتظهر العقد والسلاميات ولكن يمكن مشاهدة العين Eye وهو انخفاض صغير يحتوى على مجموعة لن البراعم . والقمه المورفولوچية للدرنه هى نهاية محور الساق الارض وتحتوى على

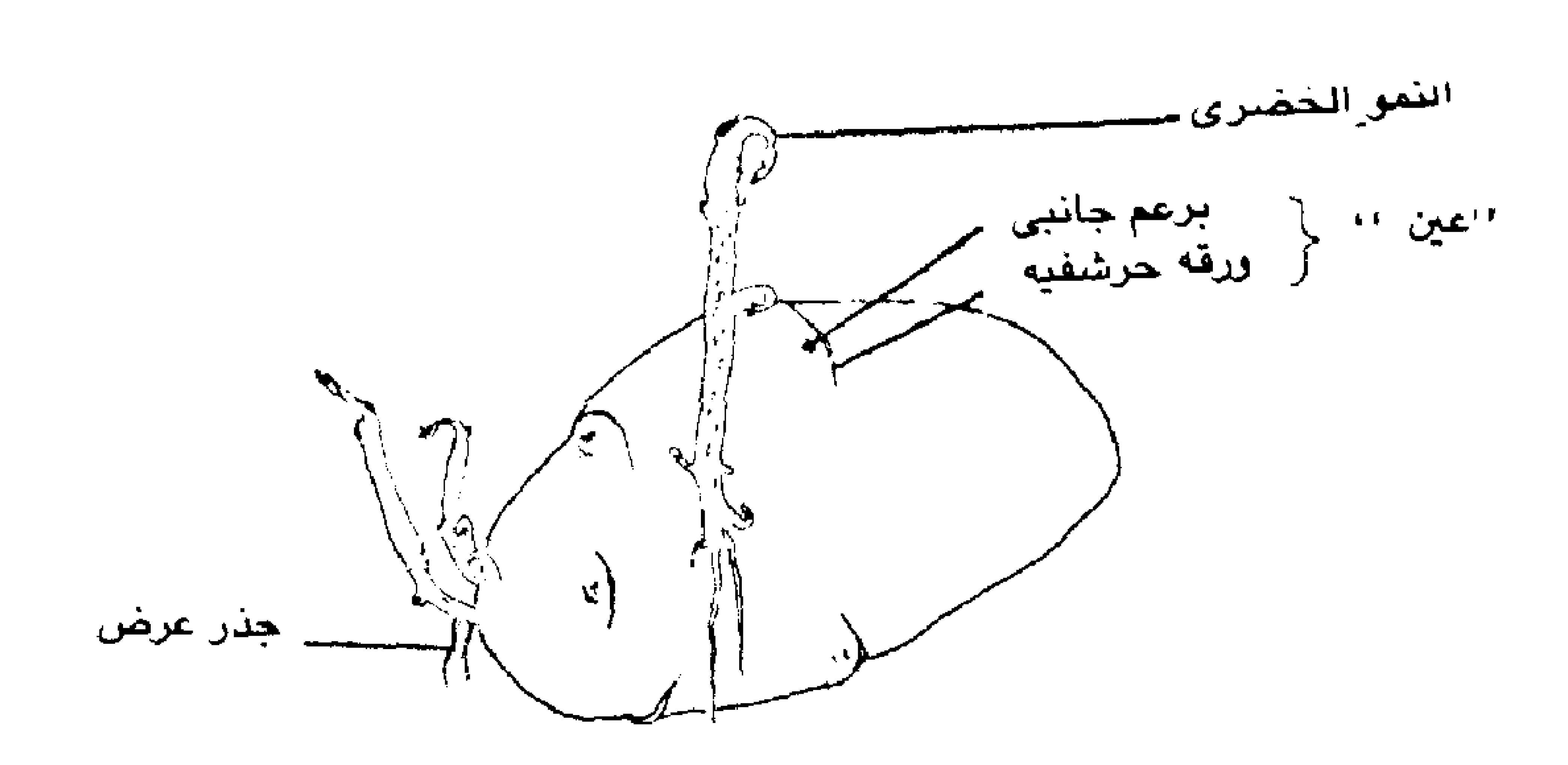
البرعم الطرفى . اما الجهه المقابله لذلك فهى منطقه اتصال الدرنه بالريزوم وتوجد ايضا درنات فى بنات الطرطوفه Heliathus tuberosus

ويختلف هذا النبات عن البطاطس باحتواته على نسبة عاليه من مركب كربوايدرات معقد ذائب فى العصير الخلوى يسمى الانيولين Inulin اما البطاطس تمتاز بأحتوائها على النشا .

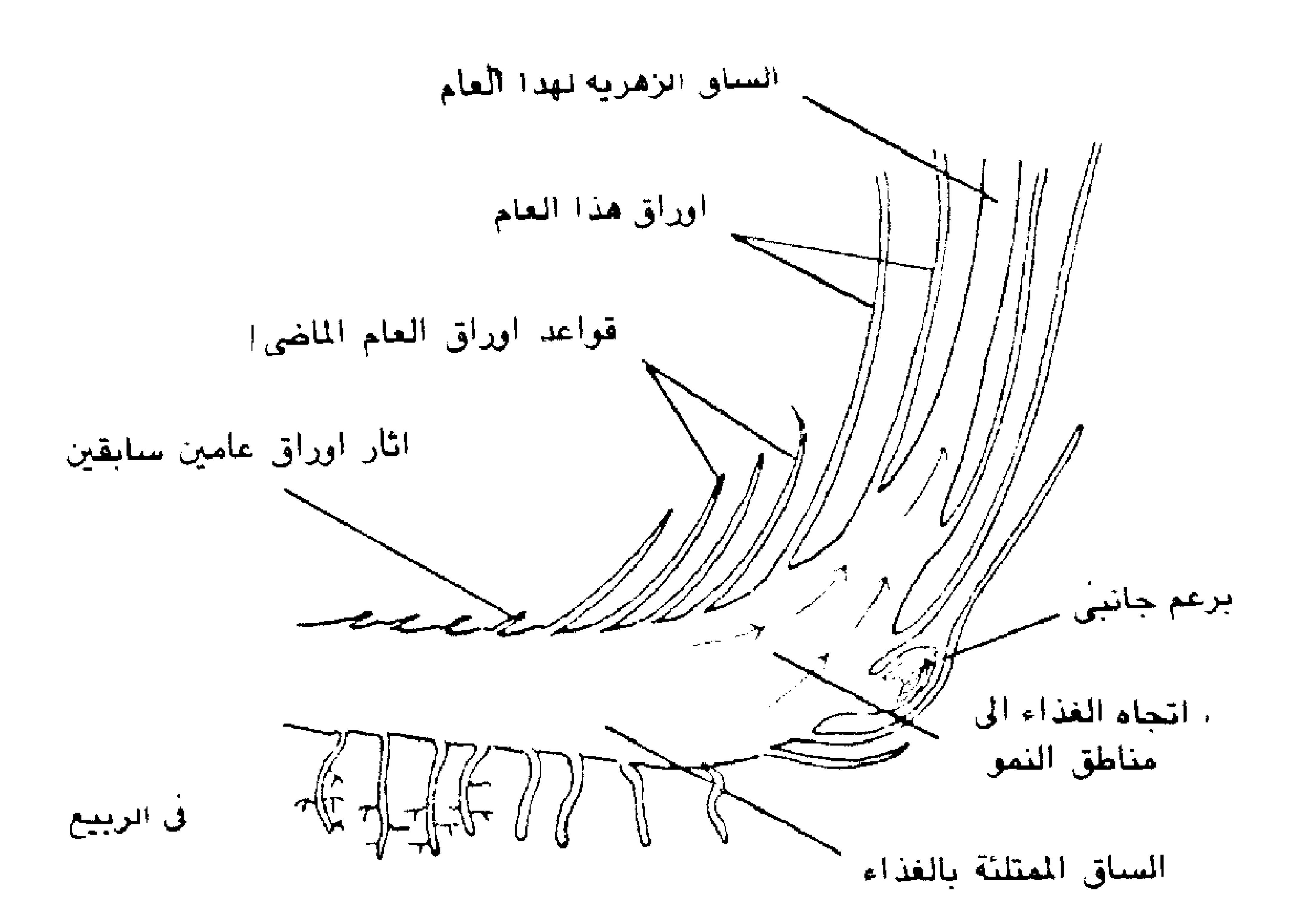
كما توجد الدرنات فى نبات السعد Cyperas rotundus وهو من الحشائش المنشرة .

وتستخدم الدرنات فى التكاثر كما يحدث فى البطاطس وتتوقف طريقه تكوين الدرنه على طريقه الاكثار .. فعند الزراعه بالبذره . تنمو البراعم الابطيه فى آباط الاوراق الفلقيه مكونه ريزوم تنتفخ نهايته مكونا درنه .

اما فى حاله الاكثار بالدرنات فان احد البراعم ينمو مكونا ساقا هوائيه تتفتح على هذه الساق من الجزء القاعدى البراعم الجانبيه مكونه ريزومات تنتهى بالدرنات كما تخرج على قاعدة الساق الهوائية جذوراً عرضيه .



(شكل ٣٨) السوق الارضيه


الساق الزهريه لهذا العام
اوراق هذا العام
قواعد اوراق العام الماضى
اثار اوراق عامين سابقين
برعم جانبى
اتجاه الغذاء الى
مناطق النمو
فى الربيع
الساق الممتلئة بالغذاء


مرور الغذاء من الاوراق الى الساق
فى الصيف
برعم جانبى مستمر فى النمو تحت التربه

٣ - الكورمات Corms

الكورمه ساق ارضيه متضخمه ومتشحمه ومتقاربه فى سلامياتها توجد على العقد الواضحه قواعد اوراق خوصيه سابقه تحمى الكورمه وتسمى الاوراق الحرشفيه كما يوجد فى قمتها البرعم الطرفى ويحوط به قواعد الاوراق المتشحمه والامثله على الكورمات فى نبات القلقاس Colocasia antiquorum والانثوليزا Antholyza والزعفران crocus واللحلاح colchicum والجلاديولس Gladiolus

تظهر الكورمات الجديدة وذلك بعد التزهير بتخزين الغذاء اسفل الفرع الزهرى فى احد البراعم الابطيه الموجودة على الكورمه فيؤدى ذلك الى تكوين كورمه جديده او اكثر كذلك تتكون جذورا شاده contractile تعمل على خفض مستوى الكورمه الحديثة الى مكان الكورمه الاخرى بعد تحللها وتعفنها كما تخرج جذور عرضيه

ويختلف الامر بالنسبه للقلقاس والذى يستخدم للغذاء الآدمى وذلك لجمع الكورمات باستمرار وعدم تركها فى التربه حيث يتم اكثارها اما بتقسيمها او بأستخدام البراعم بعد نموها والمسماه بالفكوك او الأزرار

٤ - الابصال Bulbs

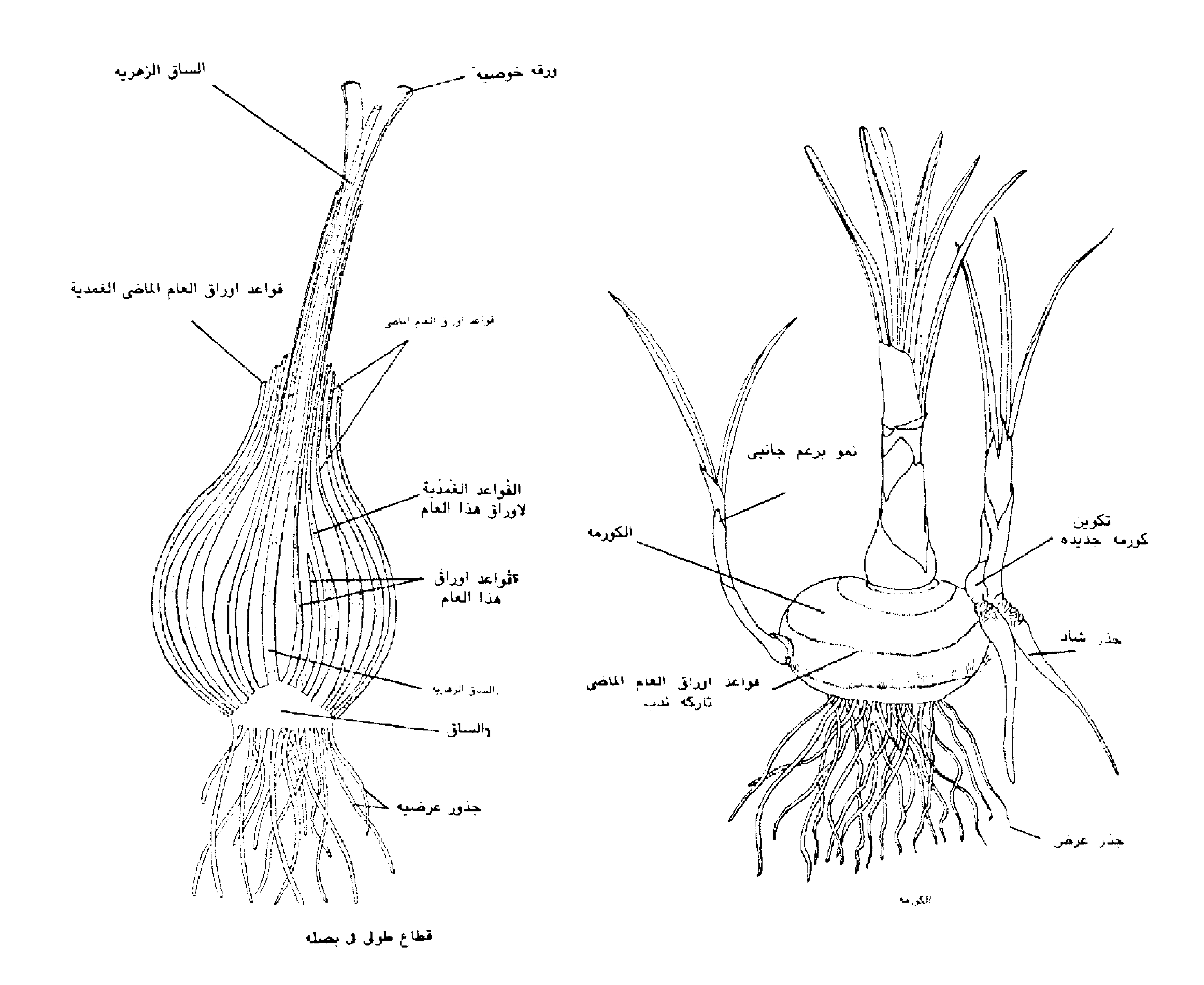
تتكون الابصال من ساق قرصيه منضغطه تخرج الجذور العرضيه من اسفلها يوجد فى منتصفها العلوى البرعم الطرفى للساق تحيط به قواعد الاوراق المتشحمه وكذلك توجد فى آباط الاوراق البراعم الابطيه وقد تغلف قواعد الاوراق المتشحمه بحراشيف ورقيه رقيقه جافه وجلديه Tuhicated bulb لحمايتها كما فى البصل Alliumcepa والتيوليب Tulipaوالنرجس Narcissus وقد لاتغلف بمثل هذه الحراشيف ولكن تغطى بعدد اكبر من الحراشيف عصاريه غضه Scales يخزن فيها الغذاء ويمكن استعمالها فى التكاثر (عقله ورقيه) كما يحدث فى نبات الليلم Lilium Spp. كما يمكن استخراج البصله باكملها فى الاكثار كما فى حاله البصل العادى والابصال عادة لاتنتج الاعضاء الزهريه قبل مرور سنتين من بدء تكوين البصله حيث تستغل المواد الغذائية المخزنه فى البصله فى نمو البرعم الزهرى وانتاج الاعضاء الزهريه شكل .

والثوم Garlic يتكون من عدة بصيلات صغيرة كل واحده منها تعرف بأسم الفص Clovy ويتركب من ساق قرصيه يوجد عليها ٨ - ١٠ اوراق تتحور الثلاثة اوراق الخارجية منها فى الشكل والوظيفه فتعمل الاولى من الخارج على الحمايه Protective Leaf وهى ورقه جافه ميته يصعب ازالتها والثانية تحيط بالاولى وتسمى ورقه

التخزين Storoge Leaf والثالثة تستطل مع الاوراق الخضراء وتحسميها اثناء خروجها من الارض عند الانبات وتسمى الورقة الثانية Sporouting leaf

تترتب هذه الفصوص فى محيطات (٤ ـ ٨ محيط) على شكل الحدوة وكل محيط يوجد فى ابط ورقه .

وفى الصبار Agava americana تحل مايعرف باسم البلابل Bulbils محل الازهار فى الجزء العلوى من شمراخ النوره كما تشاهد ايضا بلابل فى انواع من الورقه Kalanchoe والحامض Oxalis وجنس Allium والبلابل عبارة عن براعم او افرع هوائيه تحولت الى تركيب مشابهه للابصال وتقوم عاده بوظيفه التكاثر الخضرى بعد انفصالها عن الام .



قطاع طولى فى بصله

الكورمه

البراعم Buds

البرعم ساق تقاربت عقده بشكل ملحوظ فقصرت سلامياته واوراقه صغيره مزدوجه متقاربه ومتداخله كثيره الانثناءات والتضاعف توجد فى آباط المتقدمه منها نتوءات اوليه لبراعم جانبيه .

وتختلف الاعتبارات التى قسمت على اساسها البراعم فتقسم تبعا لاماكن وجودها او مكوناتها او تركيها العام وقد تقسم حسب نشاطها

اولا : التقسيم على اساس اماكن وجودها

١ ـ طرفيه Terminal or Apical bud

والبرعم الطرفى يوجد فى قمه الساق او الفرع ويكون مسئولا عن النمو فى الطول

٢ ـ براعم ابطيه او جانبيه Axillary or Leteral Bud

ويوجد فى آباط الاوراق Leaf axils ويكون مسئولا عن التفرع وقد يوجد برعم واحد او اكثر فى ابط الورقه الواحدة .
وتقسم البراعم الابطيه بالنسبه لترتيبها على الساق الى :ـ

ا ـ براعم متبادلة Alternate Buds

وتحتوى على برعم ابطى واحد على كل عقدة (تفاح ـ برقوق)

ب ـ براعم مقابله Decu sate Buds or Opposite

حيث يوجد برعمان متقابلان على نفس العقدة (بدليا Buddlya)

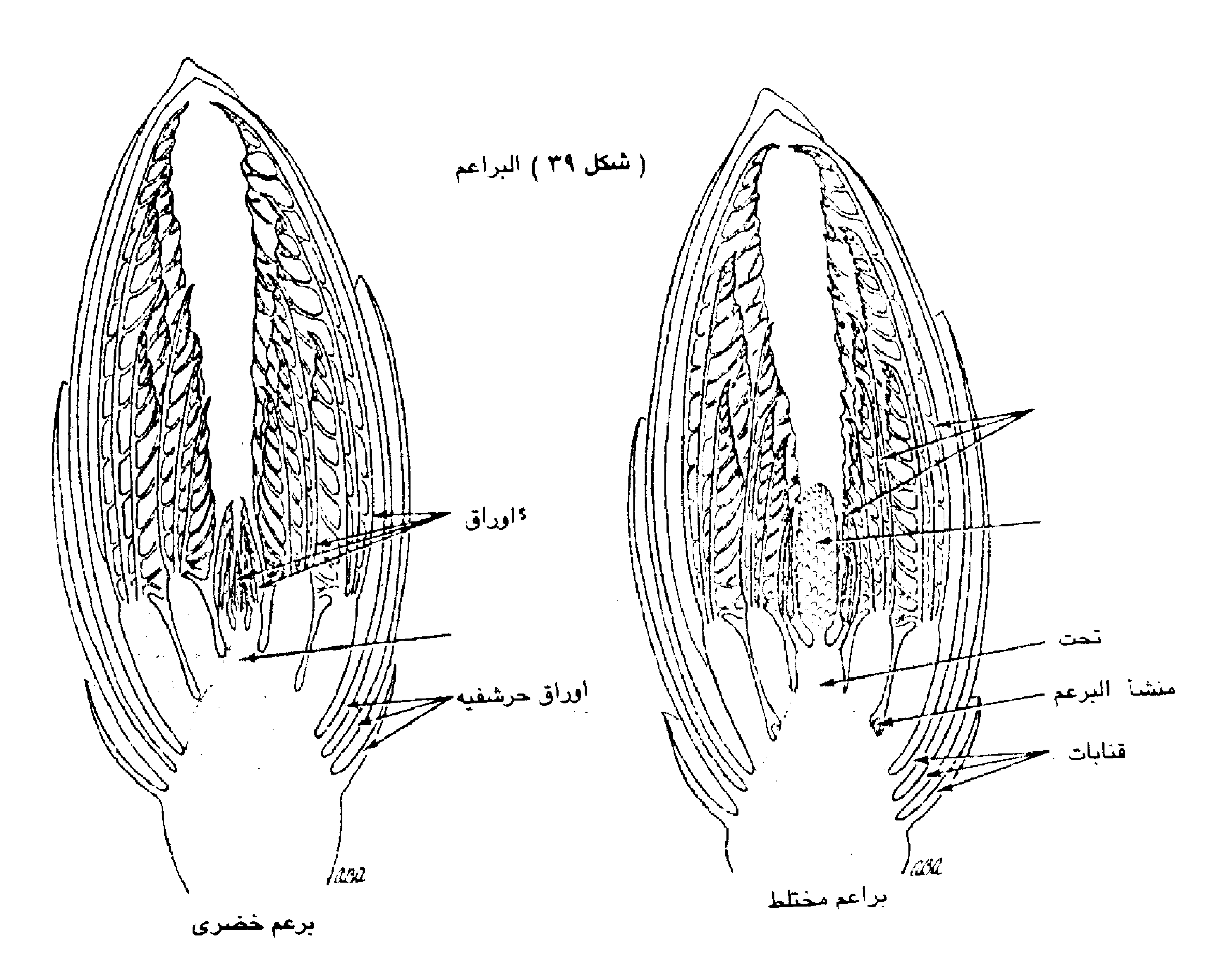
حـ ـ براعم محيطيه او سواريه Whorled or cyclic Buds

وفى هذه الحاله توجد ثلاث براعم او اكثر من ثلاثة على العقدة الواحدة (دفله Catalpa Nerium)

البراعم المساعدة Accessory Buds

وهى عدة براعم يوجد واحد منها رئيس والاخر او اكثر من واحد مساعد يعمل على تكون فرع خضرى اذا اصيب البرعم الاصلى بتلف او يعطى ازهار كما فى نبات القطن كما توجد البراعم المساعدة فى نبات الدورانتا .

ويوجد تقسيم آخر تبعا لمكونات البرعم وماسينتجه عند التفتح فيوجد البرعم الخضرى او الورقى Vegetative or Leaf or Branch Bud ويعطى عند النمو افرعا خضرية . كما يوجد البرعم الزهرى فقط او الثمرى Flower or Fruit Reproductive Buds وهى تحتوى على وحدات المحيطات الزهرية وعند نموها تعطى اما زهرة واحدة او عدة ازهار ، بالاضافة الى النوع الثالث والذى يكون مختلطا بين الاول والثانى ويعرف بالبراعم المختلطة Mixed Buds وينتج افرعا خضريه وازهار وتختلف موضع الازهار عند خروجها فقد تكون طرفيه او جانبيه .



(شكل ٣٩) البراعم

واذا احيطت البراعم بحراشيف مشتركه كونت برعما مركباً كما فى العنب ونظرا لاهميه دراسه موضع البراعم الزهريه وعلاقتها بطبيعة النمو وبالتالى عدم التسبب فى حدوث اضرار للمحصول عند اجراء عمليات التقليم فى اشجار الفاكهه فقد قسمت تبعا لموقعها ومكوناتها الى :-

١ - برعم زهرى بسيط

أ - طرفى : تتفتح عن ازهار فقط كالمانجو - البشمله .

ب - جانبى : بلح - خوخ - مشمش - لوز - برقوق - موالح - (النورات المذكره لكل من البكان والجوز) جوز الهند .

٢ - برعم مخلط :

أ - طرفى :

(١) البراعم المختلطه تتفتح عن نمو خضرى ينتهى طرفيا بالازهار : معظم البراعم فى التفاح والكمثرى - السفرجل - النورات المؤنثه للجوز والبكان .

(٢) البراعم المختلطه تتفتح عن نمو خضرى وتحمل الازهار او العناقيد الزهريه جانبياً فى آباط الاوراق كالجوافه وجزء من براعم الزيتون .

ب - جانبى

(١) البراعم المختلطه جانبيه تتفتح عن افرع خضريه تحمل الازهار طرفيا : العنب - البلوبرى الراسبرى - القشطه - البندق - والتفاح والكمثرى احيانا .

(٢) البراعم المختلفه جانبيه تتفتح عن افرع خضريه توجد فى آباط اوراقها الازهار او العناقيد الزهريه اى انها جانبيه : التوت - الكاكى - ابو فروه - التين الزبديه وجزء من محصول الزيتون .

٣ - براعم عرضيه Adventitious Buds

إذا خرج برعم من اى مكان آخر بخلاف القمه الناميه للساق او آباط الأوراق سمى هذا البرعم برعم عرضى كخروج براعم على اسطح السوق المقطوعه او انصال الأوراق (بيجونيا) Begonia او جذور كالبطاطا والداليا .

وقد تغلف البراعم من الخارج بحراشيف صلبه سمكيه تعرف بالحراشيف البرعميه Bud- scales وهذه البراعم تسمى براعم مغطاه او شتويه Covered Protected or scaly or winter Buds وهى توجد عادة فى معظم النباتات الخشبية المتساقطه الاوراق

اما النوع الثانى وهى البراعم الصيفية او العاريه Summer or Naked Buds فلا تحاط باغلفه وتكون نشطه النمو وتوجد فى النباتات العشبيه Herbs وبعض الاشجار مستديمه الخضره ومعظم ذوات الحولين وعند انخفاض الحراره يتضخم البرعم مكونا رأسا كبيره كما فى الكرنب Cabbage والخس Lettuce

والتقسيم الاخير تبعا لنشاط البرعم وقدرته على النمو فينقسم الى براعم نشطه **Active Buds** وهذا النوع من البراعـم ينشـط وينمو مباشرة بعد انتاجه بعكس البراعم الساكنه او الكامنه Latent or Resting or Pormant Buds حيث لاتنمو بل تظل ساكنه لمده عده ايام فى الحوليات او بضـع سنين فى الاشجار ..

التفرع Brnching

من المعروف ان البرعم الطرفى هو المسئول عن زيادة النبات فى الطول اما البرعم الجانبى فهو المسئول عن التفريع ..

وقد يحدث فى بعض النباتات ان يتفرع النبات بأنقسام القمه الناميه ثم يتكرر ذلك على فترات معينه ويعرف ذلك بالتفرع القمى Apical branching او التفرع الثنائى الشعبه Dichotomous branching ولا يلاحظ هذا النوع من التفرع فى كثير من النباتات الراقيه الا فى حالات خاصه كنخيل الدوم Hyphaene rhebaice ونخيل Chamaedarea martiana اما البرعم الجانبى عند نموه مكونا فرعا جديده فيسمى تفريع جانبى او ابطى Lateral or Axillary Branching وقد يستمر البرعم الطرفى فى النمو لزيادة الطول مع نمو البراعم الابطيه ويكون ذلك محورا مستمرا وينموا غير محدود ولذا يعرف بالتفرع الغير محدود Indifinite Branching او تفرع صادق المحور Racemose or Monopodial Branching وفى هذا النظام تبدو الاشجار مخروطيه الشكل او هرميه كالمشاهد فى الصنوبر من معراه البذور والكازورينا فى مغطاتها .

الاحتمال الثانى ان يتوقف البرعم الطرفى عن النمو وتستمر الزيادة فى المحور الطولى بنمو البرعم الجانبى اى ان المحور يكون غير حقيقى لانه غير مستمر ويسمى تفرع كاذب المحور Cymose or Sympodial Branching ويطلق عليه تفرع محدود حيث يقف البرعم الطرفى عن النمو لاسباب منها انه يكون البرعم الطرفى برعم زهرى او يتحول الى محلاق او يتلف ويموت .

وكما سبق ان ذكرنا عن الحديث عن نمو الريزومات فان التفرع فيها كاذب كالموجود فى النجيل والايرس .

واذا كان البرعم الجانبى مفرداى ان العقده لاتحمل الا برعما واحدا فإن التفرع يسمى تفرع جانبى كاذب المحور وحيد الشعبه Monochasium ويختلف اتجاه النمو فيعطى شكلا منجليا Helicoid اذا كان تفتح البرعم ونموه دائما فى اتجاه واحد (نبات الفريزيا Freezia) او قد يتغير بأستمرار اتجاه النمو فيكون عقربيا Scorpioid (العنب ، الكتان ، البيتونيا)

واذا حملت العقده برعمان ونما هذان البرعمان سمى التفرع ثنائى الشعبه Dichasium كالمشاهد فى نبات الياسمين Gypsophila , Gasminum ولكن العقده اذا حملت اكثر من برعمين فى وضع سوارى ونمت كان التفرع كاذب المحور عديد الشعب Polychasium كالمشاهد فى نبات ام اللبن Euphorbia

التركيب الداخلى للساق Anatomy of the Stem

اولا تركيب ساق حديثه لنبات ذو فلقتين :-

عند فحص ساق لنبات من ذوات الفلقتين نجد اختلاف فى التركيب تبعا لمنطقة الفحص فإذا كانت فى القمه الناميه وجدت مناطق انشائيه والأمر يختلف فى المنطقة التى تكونت فيها الانسجة الابتدائية فيلاحظ عند الفحص من الخارج الى الداخل .

البشره Epidermis

تتكون البشره من طبقه واحدة من الخلايا الحيه انبوبيه الشكل تحتوى على فجوة عصاريه كبيره وحيث ان وظيفه البشره الاساسيه هى الحمايه فإن هذه الخلايا متلاصقه لاتترك بينها مسافات بينه الا فى مواضع الثغور كما تغطى هذه الخلايا جهه الخارج بطبقة من الكيوتين وهى طبقة متصله تسمى Cuticle وقد يتكون عليها زوائد من شعيرات وحراشيف وغالبا لاتحتوى البشره على بلاستيدات خضراء الا فى مجموعه النباتات المحبه للظل والنباتات المائيه والخلايا الحارسه لفتحات الثغور .

القشرة Cortex

هى المنطقة التاليه للبشره ورغم طبيعة القشره فى الساق بالمقارنه مع القشره فى الجذر الا انها تحتوى انواع عديده من الخلايا فآخر مجموعة من الخلايا جهه الداخل تكون طبقه تعرف بأسم الغلاف النشوى Starch Sheath وهى تعمل على استقامه النبات كما توجد ايضا خلايا كولنشيميه اسفل البشره فى شكل حلقه كامله او مجامع متبادلة مع خلايا كلورنشيميه وتكثر الخلايا الكولنشيميه فى اركان السوق المضلعه كالفول واللوف والقرع بالاضافة الى الخلايا البرانشيميه التى تكون عده طبقات وتترك فيما بينها مسافات بينيه .
كما قد توجد الألياف والخلايا الحجريه وقد توجد خلايا افرازيه او خلايا تخزينيه والقشره قبل كل شىء طبقه واقيه ووظائفها فى التدعيم والبناء والادخار فى فهى وظائف ثانويه

الاسطوانه الوعائيه Vascular Cylindr

وهى المنطقة الواقعه بين الغلاف النشوى والمنطقه المركزيه المسماه النخاع Pith وتحتوى الاسطوانه على :-

ا - بريسيكل Pericycle

وهى طبقه واحده او اكثر وقد تكون متصله على شكل حلقه من الألياف تلى الغلاف النشوى كما فى اللوف والقرع . او تكون حزم ليفيه خارج الحزمه الوعائيه وبالتبادل مع خلايا برانشيميه كما فى عباد الشمس والبرسيم

ب - الحزم الوعائيه Vasculars Bundles

والحزم الوعائيه بما تحتوى من لحاء وخشب وكامبيوم حزمى (صف من خلايا انشائيه) فإنها توجد اما فى محيط واحد كالبرسيم وعباد الشمس او فى محطيين كما فى ساق اللوف والقرع وتختلف نوع الحزم بأختلاف النبات فمنها الحزمه الجانبيه المفتوحه ومنها الحزم ذات الجانبين (راجع الحزم الوعائيه)

٤ - النخاع Pith

يوجد فى مركز القطاع خلايا برانشيميه اذا استمرت فتقوم بوظيفه التخزين او تتلجنن واذا تمزقت تركت مكانا فارغا وتصبح الساق مجوفه كساق الفول والبرسيم وتسمى هذه الخلايا بالنخاع

وتربط بين النخاع والقشره مرورا بين الحزم الوعائيه خلايا برانشيميه تسمى الاشعه النخاعيه Medullary rays وخلاياها تترك بينها مسافات بينه واسعه وقد يقوم بالتخزين كما قد ينشأ بها على امتداد الكامبيوم الحزمى خلايا انشائيه ثانويه تسمى كامبيوم حزمى Interfascicular cambium وذلك اثناء النمو الثانوى فى السمك .

ثانيا : تركيب ساق نبات من ذوات الفلقه الوحدةAratomy of Monocot Stem

تتكون معظم النباتات ذوات الفلقه الواحدة من انسجه ابتدائيه لايحدث فيها تغليظ الا فى حالات خاصه سيأتى ذكرها عند دراسه التغليظ . كما انها غالبا نباتات عشبيه كما تتميز تلك النباتات بعدم وجود قشره ويمكن ملاحظه المناطق التاليه فى قطاع احدى النباتات

١ - البشره Epederms

وهى الطبقه لاتختلف كثيراً عن البشره فى ذوات الفلقتين فهى خلايا متراصه لاتترك بينها مسافات ولكن جدر الخلايا الخارجية اكثر سمكا عنها فى معظم نباتات ذوات الفلقتين

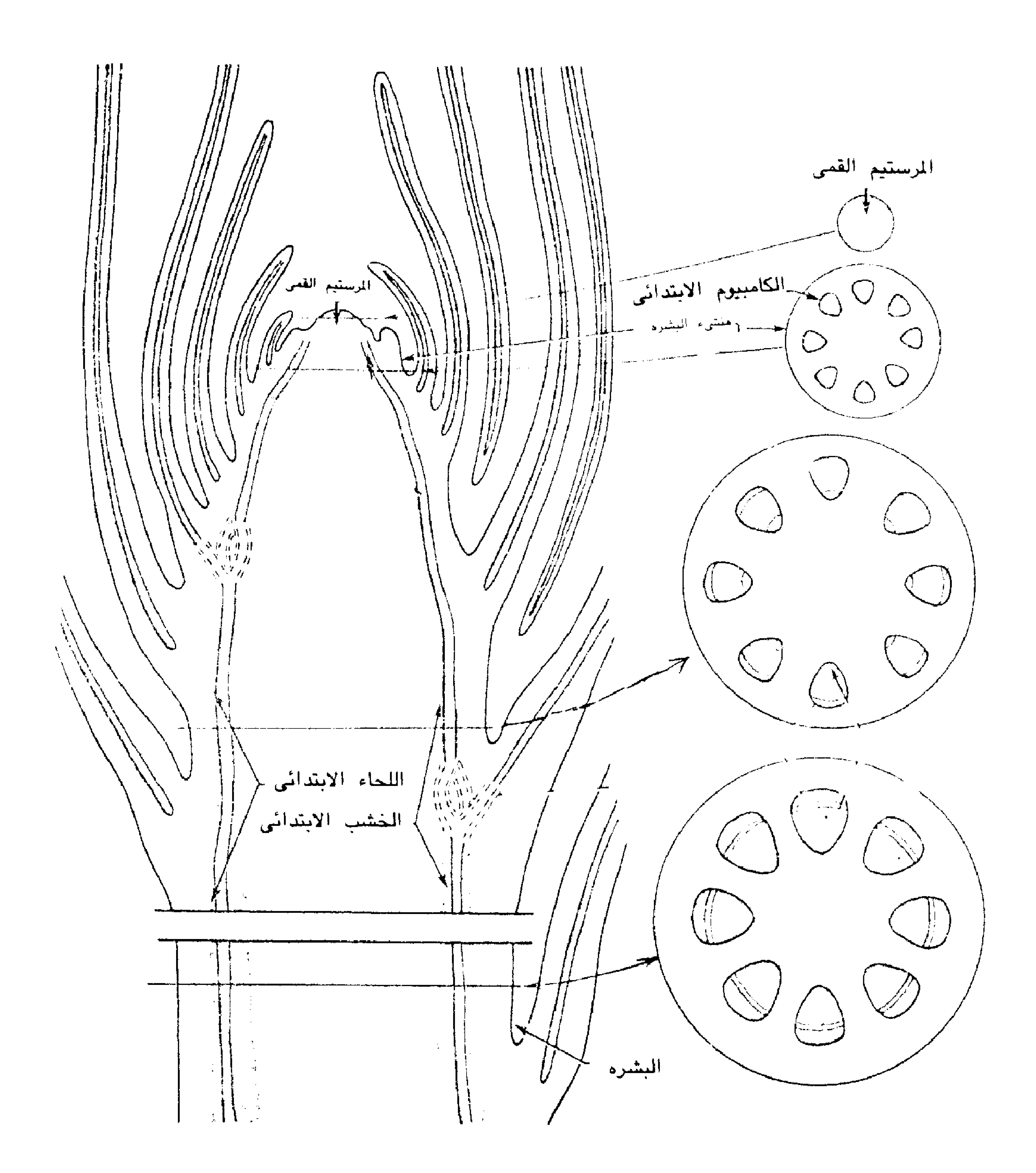
٢ - النسيج الاساسى Ground tissue

ويقصد به المنطقه الواقعه خلف البشره حيث لاتتميز القشره عن الاسطوانه الوعائيه .. كما انه لايوجد غلاف نشوى وهى خلايا برانشيميه تتسع كلما اقتربنا من المركز وتتبعثر فى هذه المنطقه الحزم الوعائيه ويمكن ملاحظه وجود نسيج ليفى اما متصلا او على هيئه كتل متقطعه يفصل بينها حزم وعائيه صغيره محاطه بنسيج كلورنشيميى

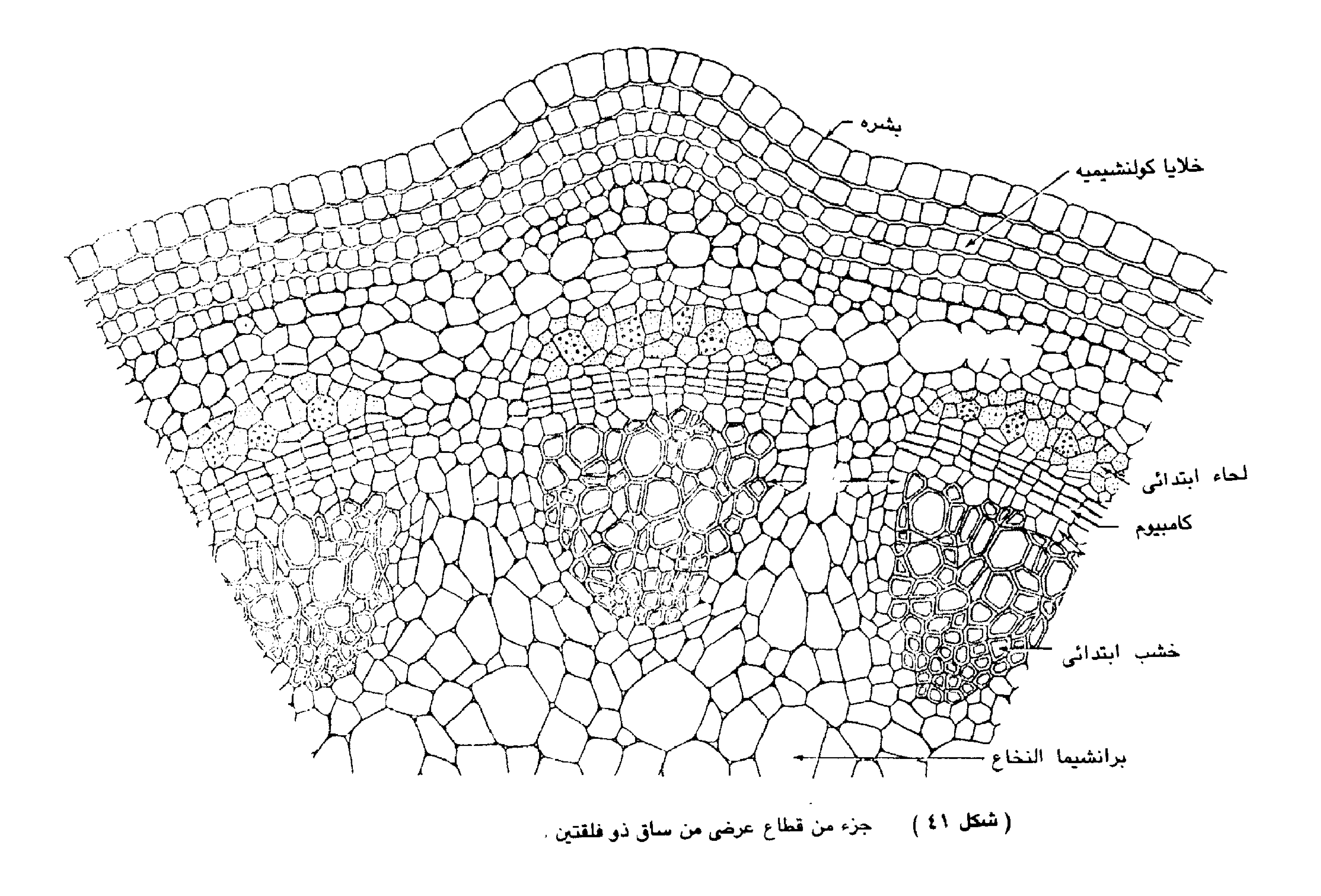
٣ - الحزم الوعائيه

يختلف ترتيبها فى الساق فقد توجد مبعثره بدون نظام او تكون فى شبه دائره فى محيطين فى السيقان المجوفه كما فى القمح والشعير وهى حزم جانبيه مقفله تحاط كليا او جزئيا بنسيج ليفى يعمل على التدعيم وتعرف بأغلفه الحزمه bundle sheath وقد تتصل تلك الاغلفه بالياف النسيج الاساس الخارجيه فى حاله وجودها كما فى الذرة .

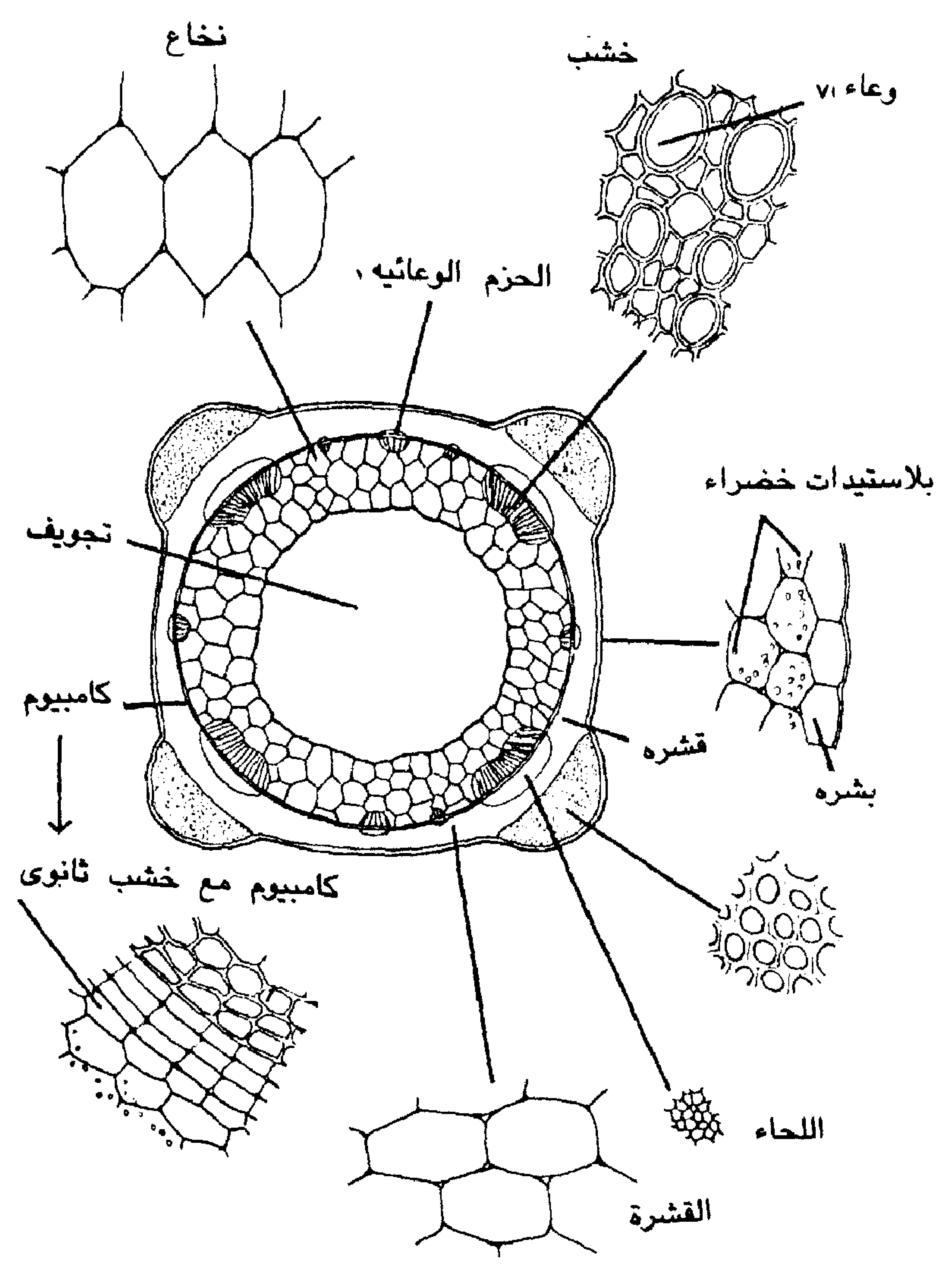
ومن حيث مكونات الحزمه فهى اللحاء لمكوناته بدون برانشيمه لحاء والخشب على نصف قطر واحد مع اللحاء ويتكون من الخشب الثانى جهه الخارج والاول جهه الداخل مكوناً شكل حرف Y او Vوغالبا تتميز من اوعيه الخشب الاول ويتكون بذلك تجويف يعرف بتجويف الخشب الاول .



(شكل ٤٠) قطاع طولى فى قمه ناميه فى الساق



(شكل ٤١) جزء من قطاع عرضي من ساق ذو فلقتين .



(شكل ٤٢) قطاع فى ساق نبات Whit dead- mettle

الورقــه The Leaf

الورقه عضو ذو أهميه قصوى للنبات وغيره من الكائنات الحيه حيث ان كل الأحياء ، فيما عدا بعض أنواع البكتريا المتخصصه ، تعتمد بطريقه مباشره او غيره مباشره على نواتج البناء الضوئى .

فالورقه عضو متخصص فى القيام بهذه العمليه وهى أهم وظائف النبات لان غيرها من الوظائف مرتبط بها او يعتمد عليها بطريقه ما . وفى الورقه أنسجه هامه تقوم بأمدادها بالمواد التى تشترك فى عمليه البناء الضوئى ، وتنقل المواد الناتجه منها كما ان هذه الانسجه تساعد على حمل مساحات كبيره من الاوراق وتعرضها للضوء فتقوم بتأديه وظيفتها على أحسن وجه .

انواع الأوراق Kinds of Leaves

توجد انواع مختلفه فى الأوراق تختلف باختلاف الوظيفة ومن هذه الانواع الرئيسيه :

[١] الأوراق الخوصيه او الخضريه Foliage Leaves

وهى الأوراق العاديه فى النباتات العاديه والتى تقوم بأهم الوظائف وهى التمثيل الضوئى والنتح وتتكون كما سيأتى شرحه بالتفصيل من ثلاثه أجزاء القاعده والعنق والنصل وهو اهم الأجزاء.

[٢] الأوراق البذريه (الفلقات) Seed leaves (Cotyledons)

توجد هذه الأوراق فى أجنه البذور وظيفتها تخزين الغذاء ويوجد منها اما واحده (فلقه واحده) او ورقتان (فلقتان) او اكثر من ذلك وقد تؤدى دور أخر اذا ظهرت فوق سطح الارض فى بدايه الإنبات حيث تخضر وتقوم بعمليه التمثيل الضوئى كما يحدث فى الخروع والبصل والصنوبر .

او تقوم بهضم وامتصاص الغذاء المختزن فى الأندوسبرم لمساعده الجنين على النمو كما فى البلح او تقوم بحمل الريشه والجذر خارج البذره كما فى البلح والبصل .

[٣] الأوراق الأوليه Prophylls

قد تظهر على ساق البادره او الفرع عند بدايه النمو وفى اعماره الأولى أوراق تختلف فى الشكل عن الاوراق العاديه وتؤدى نفس الوظيفة للأوراق العاديه تسمى الاوراق الأوليه كما يشاهد فى بادره الفول .

[٤] الأوراق الحرشفيه : Scale Leaves [Scales]

هى اوراق خاليه من الكلوروفيل تقوم بعمليه الحمايه او الاختزان . تكون صغيره وجافه ورقيقه كالموجوده على الريزومات والدرنات والكرومات . او تكون عصاريه كبيره كما فى حاله الأبصال . او توجد على سيقان هوائيه لبعض النباتات كالسفندر والمهلبنيكا – او تكون صغيره سميكه مغطاه بقشور كالتى تغطى البراعم فى الاشجار المتساقطه الاوراق .

[٥] القنابات Bracts

هى تلك الاوراق التى يخرج من آباطها ازهار وقد تكون ذات لون اخضر (العايق) او ملونه جذابه كالموجوده فى نبات بنت القنصل والجهنميه او لا توجد كما فى المنثور .

اجزاء الورقه

تتكون الورقه المثاليه لنبات من ثلاثه اجزاء هى القاعده والعنق والنصل .

[١] قاعدة الورقه Leaf base

هى الجزء المتصل بالساق مباشره وهذا الجزء قد يحدث فيه تضخم قليلاً او كثيراً وقد تتشحم القاعده بغرض التخزين او تصبح جلديه بغرض الحمايه وقد تقوم بوظائف اخرى حيث يتكون عضو للحركه يسمى وساده Pulvinus وذلك يتضخم القاعده ويساعد هذا الجزء على تغير اتجاه الورقه نتيجه لظروف بيئيه كما فى البوانسيانا Poinciana ونبات الست المستحيه Mimosa pudica فإن الوساده تسبب تحرك الورقه تحت تأثير اللمس فى نباتات ذوات الفلقتين وقليلا من ذوات الفلقه الواحده تنمو على قاعده الورقه ذوائد تكون ثنائيه تسميان الاذينتين Stipules وإذا وجدت اصبحت الورقه ذات اذينات Stipulate وان لم توجد وصفت الورقه بأنها عديمه الاذينات exsipulate وتختلف الاذينات فى النباتات المختلفه فنجدها صغيره فى اوراق التفاح ، متورقه فى البسله والبنسيه ، شوكيه فى السنط او مركبه فى البوانسيانا .

اما فى نباتات الفلقه الواحده كما فى النجيليه والسعيديه والموزيه وبعض ذات الفلقتين كالعائله الخيميه فإن قاعده الورقه تنمو وتستطيل وتكون ما يعرف بالغمد Sheath يحيط بالساق . كما قد يوجد فى منطقه اتصال النصل بالغمد نمو غشائى مثل القمح والشعير يسمى اللسين Ligule وهو يعمل على منع الماء والمواد الغريبه من السقوط بين الساق والغمد .

[٢] عنق الورقه Petiole

العنق نمو اسطوانى يحمل النصل بعيداً عن الساق ليعرضها للضوء وإن وجد سميت الورقه ورقه معنقه Petiolate وإن لم يوجد فإن الاوراق تصبح جالسه Sessile كما فى نبات الزينيا Zinnia وقد يتورق العنق كما يشاهد ذلك فى النارنج Citrus aurantium او قد يحل العنق محل النصل عند إختزاله ويسمى Phyllode كما فى نبات Oxalis bilimbi

[٣] نصل الورقه Lamina cr Blade

وهو الجزء المنبسط من الورقه واهم جزء فيها حيث يتم فيه عمليات التمثيل الضوئى والنتح . وإذا كان النصل قطعه واحده كانت الاوراق بسيطه Simple وإن كانت مركبه من وريقات Leaflet او قد يطلق عليها ريشه Pinna سميت الورقه بالمركبه Compound ولتحديد شكل النصل يجب التعرف على الشكل العام ثم الحواف واجزاء القاعده .

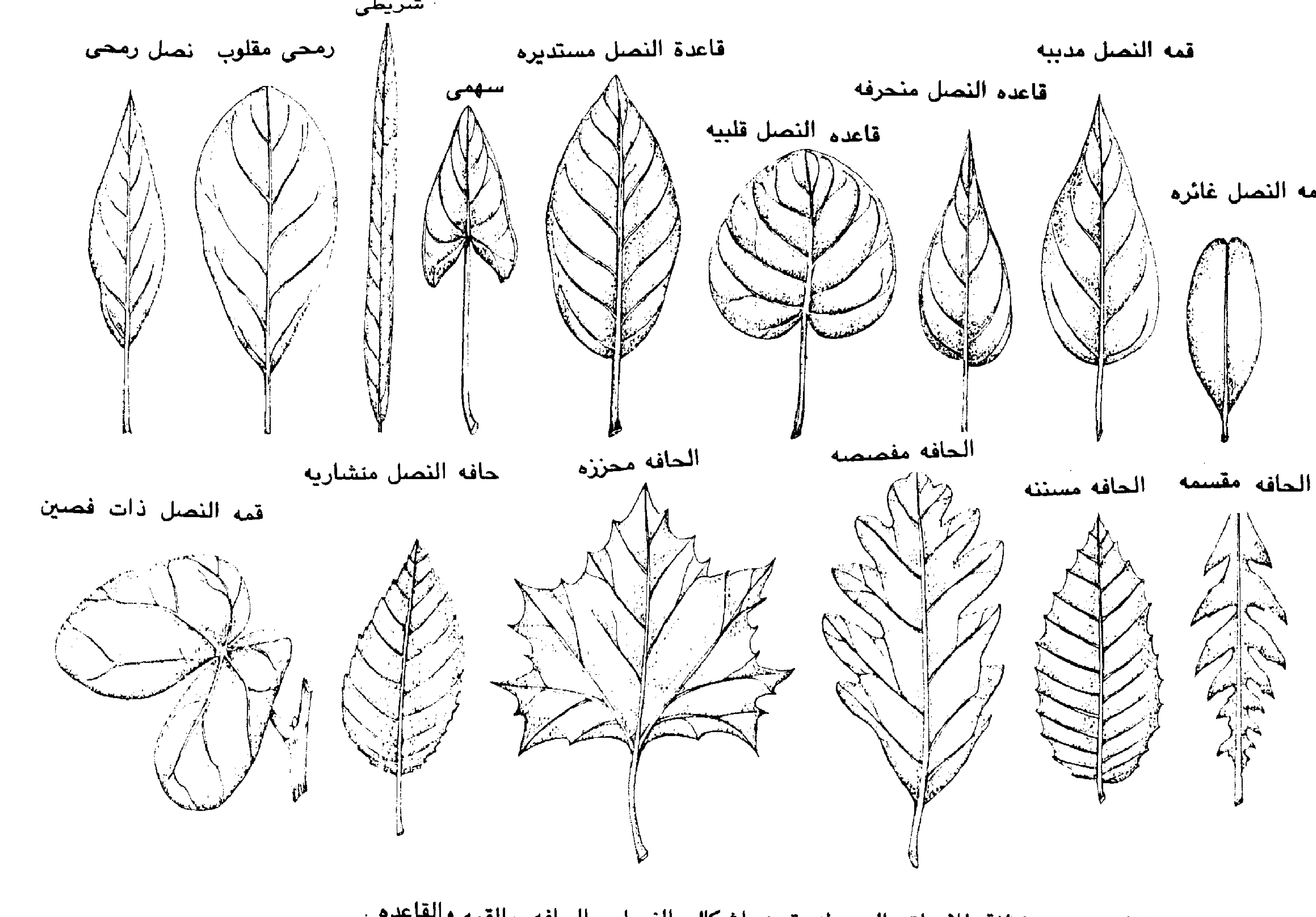
أشكال النصل : يختلف نصل الورقة كثيرا فى الشكل . فقد يكون ابريا acircular بشكل الابرة كما فى ورقة الصنوبر Pinus ، أو أنبوبيا tubular فيكون بشكل الابرة الا انه مجوفا كما فى أوراق البصل ، أو شريطيا linear كما فى أوراق نباتات العائلة النجيلية . أو رمحيا lancoelate فيكون مستدقا من أعلى وعريضا نوعا من أسفل كما فى أوراق الكافور والقرنفل ، أو قلبيا cordate كما فى ورقة المشمش والبنفسج أو بيضيا ovate كما فى أوراق الدورنتا Duranta ، أو بيضاويا elliptic كما فى أوراق أبو فروة Kastanea ، أو مستطيلا oblonge كما فى وريقات اللبخ ، أو ملعقيا spatulate فيكون نصل الورقة عريضا من أعلى وضيقا من أسفل كما ورقة البتسبورم Pittosporum أو سهميا Sagitate كما فى ورقة الكلا Zantedechia أو مزراقيا Hastate وهى تشبه السهمية الا أن زوايتى مؤخرة النصل تمتدان للخارج كما فى أوراق العليق Convolvulus أو كلويا Reniform كما فى أوراق خف الجمل Bauhinia ، أو درعيا Peltate حيث يكون النصل دائرى الشكل عادة ويخرج العنق من منتصفه كما فى نصل ورقة أبو خنجر Tropaeolum .

اشكال حافه النصل: توجد عدة أنواع من أشكال الحافة . منها الحافة الكاملة entire ، وهى خالية من التموجات والتسنينات كما فى ورقة الزيتون ، ومنها الحافة المسننة dentate وهى ذات أسنان حادة متماثلة ومتجهة للخارج كما فى ورقة المشمش ، ومنها الحافة المنشارية serrate وهى ذات أسنان حادة واتجاه الأسنان ناحية قمة النصل كما فى ورقة الدورنتا ، ومنها الحافة المنشارية المتضاعفة double serrate وفيها الحافة ذات أسنان منشارية كبيرة والأسنان الكبيرة تكون مسننة الى أسنان أصغر كما فى أوراق الغرغار Ulmus ومنها الحافة الشوكية spiny وفيها تكون الأسنان كبيرة وصلبة ومدببة الأطراف كالأشواك كما فى أوراق الخشخاش الشوكى Argermone mexiena ، ومنها الحافة المتموجه undulate قليلا كما فى نصل ورقة أبو خنجر . ومنها الحافة المتضرسة sinuate وفيها تتموج الحافة بشكل انخفاضات وبروزات بعضها كبير وبعضها صغير كما فى أوراق البلارجونيم Pelargonium .

أشكال قمة النصل : يختلف شكل قمة النصل فقد تكون محلاقية cirrhous كما فى جلوريوزا Gloriosa simplex وقد تكون مسحوبة شوكية aristate أى مسحوبة وصلبه كما فى أوراق السيسل Agave sislana وقد تكون مسحوبة caudate كما فى ورقة فيكس ريليجيوزا Ficus religiosu وقد تكون مستدقة accuminate وقمتها لها نتوء صغير كما فى الدورنتا ، وقد تكون حادة acute وتظهر بشكل زاوية حادة كما فى الريحان وقد تكون مستديرة obtuse كما فى ورقة البتسبورم ، وقد تكون مسطحة flattened كما فى وريقات اللبخ ، وقد تكون معقودة retuse أى بها انخفاض صغير كما فى وريقات البرسيم ، وقد تكون منخفضة emarginate أى بها انخفاض كبير كما فى ورقة خف الجمل .

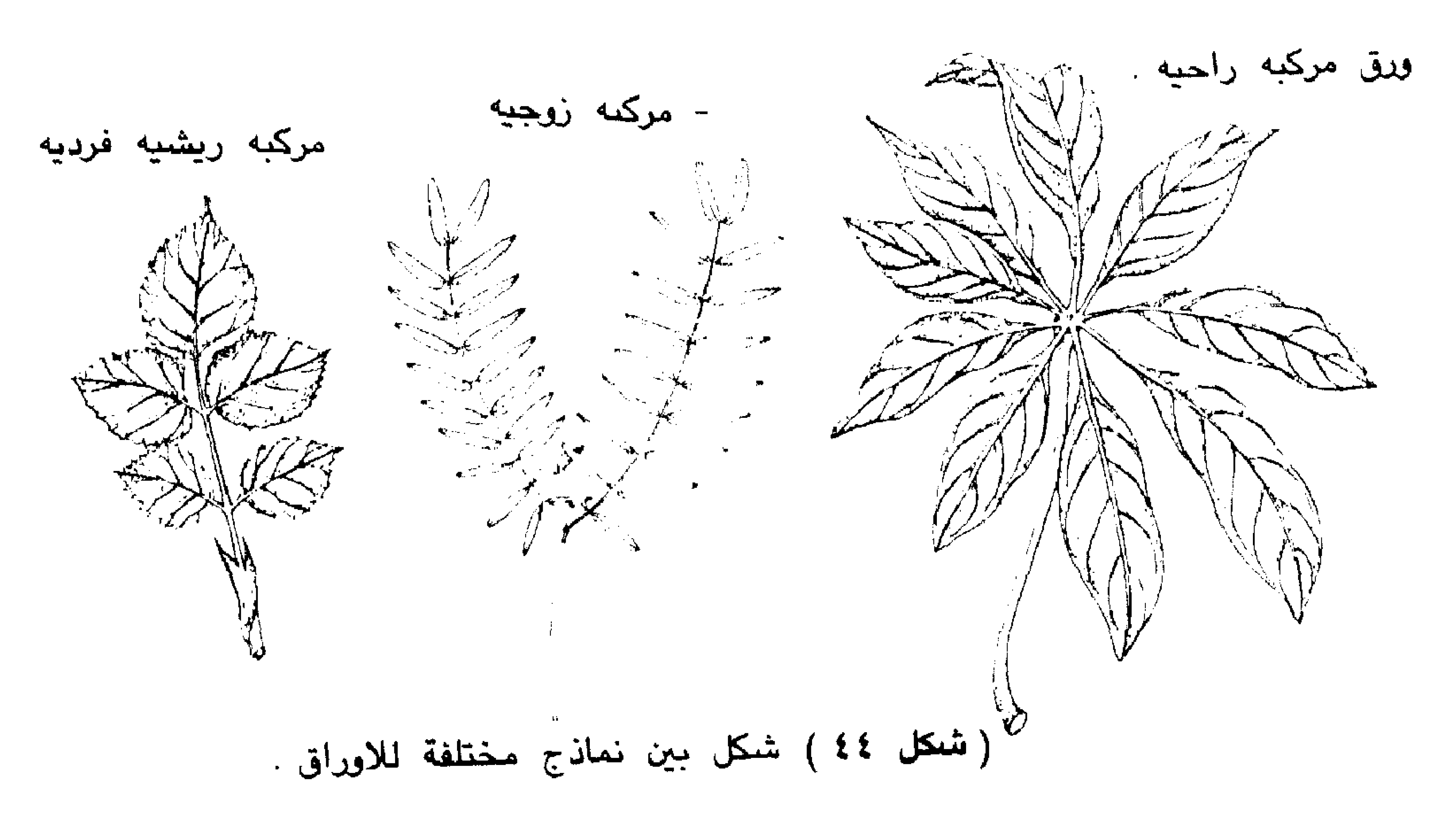
اشكال قاعدة النصل : يختلف شكل قاعدة النصل فقد تكون مستدقة attenuate كما فى ورقة البتسبورم أو تكون مثلثة cuneate كما فى الدورنتا أو مستديرة obtuse كما فى وريقات الاراليا ، أو مسطحة truncate كما فى الهبسكس ، أو قلبية cordate كما فى ورقة المشمش . أو درعية peltate عند اتصال العنق بالنصل من سطحه وليس من حافته كما فى أبو خنجر ، أو مثقوبة perfoliate وفيها يكون النصل جالسا وتحيط قاعدته بالسوق احاطة تامة كما فى لونسيرا Lonicera capritolium

وقد يحدث تفصيص للأوراق Lobed حيث يزاد التموج وتصل عمل الإنخفاضات إلى أقل من نصف النصل او تكون مفصصه ريشيه كالمشاهد فى اوراق الكريزانثيمم Chrysanthemum او مفصصه راحيه كما فى اوراق القطن وإذا زاد عمق التفصيص الى اكثر من نصف النصل ولا تصل إلى العرق الوسطى أصبحت



(شكل ٤٣) صور مختلفة للاوراق البسيطه تبين اشكال النصل والحافه والقمه والقاعده .

مقسمه Clefted وقد تكون مقسمه ريشيه كما فى ورقه الخشخاش Paparer او مقسمه راحيه كورقه الخروع والتين - وإذا وصل التقسيم إلى العرق الوسطى كما فى الجرجير اصبحت مجزاه ريشىpinnatified . اما الاوراق الشبت والانيمون Anemone فان الورقة مجزاة خيطيه فيكون النصل مجزأ .



(شكل ٤٤) شكل بين نماذج مختلفة للاوراق .

التعريق Venation

تنقسم الاوراق من حيث التعريق الى نوعين احدهما متوازى التعرق وفيه تتخلل الحزم الرئيسيه الورقة دون ان تتشابك ، والآخر شبكى التعرق وفيه تتشابك الفروع الرئيسية للجهاز الوعائى وتعرف وحدات هذا الجهاز الوعائى وهو المسئول عن نقل الماء والأملاح الذائبة وكذلك العصاره المجهزه خلاله باسم العروق Veins .

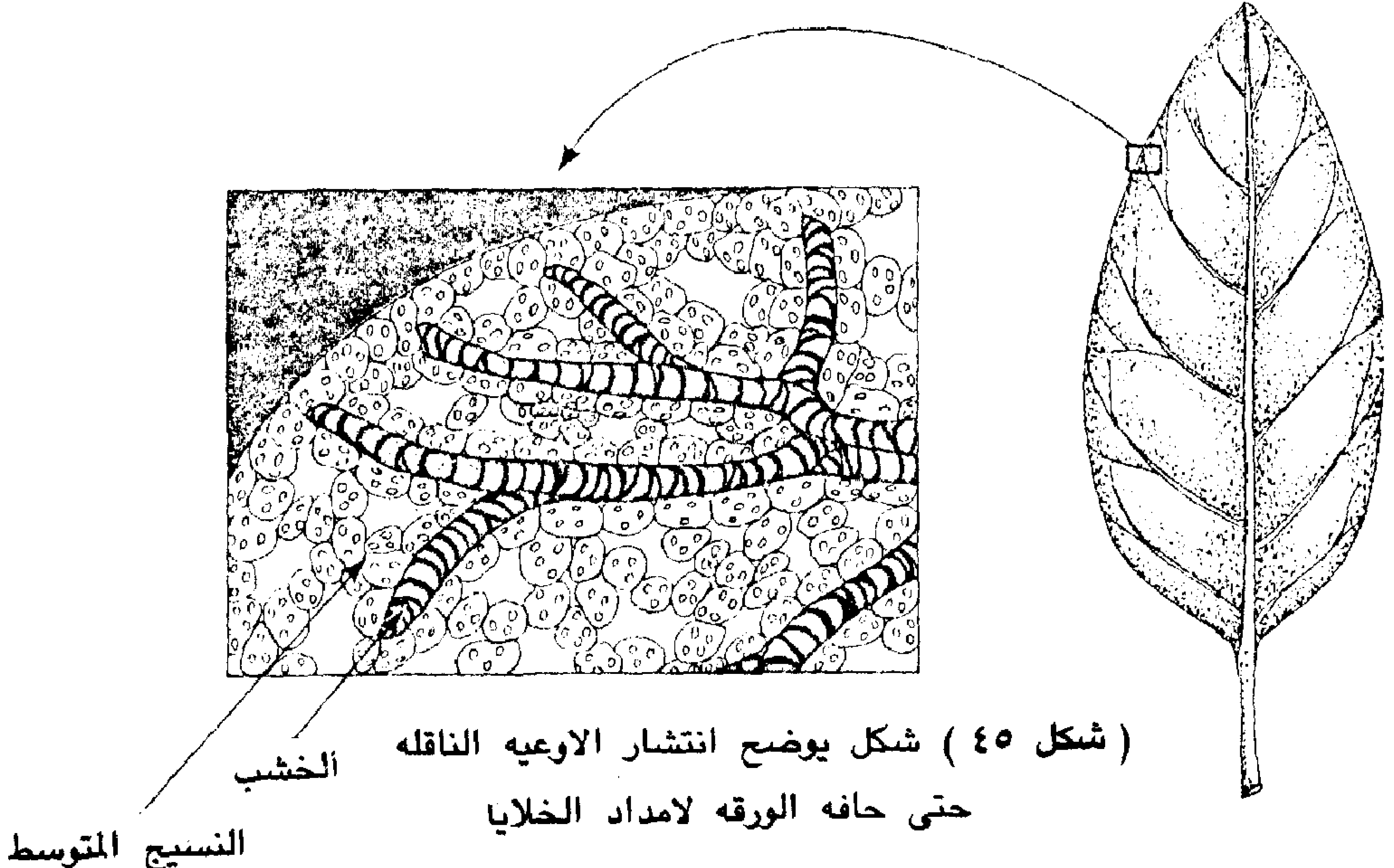
١ ـ التعريق الشبكى Reticulate veuation

وهذا التعريق متميز به النباتات ذات الفلقتين وقد يوجد بصوره نادرة فى بعض ذوات الفلقه الواحده كالقلقاس وتتفرع فيه العروق عدة مرات وتتقابل نهايات العروق الصغيره وتتصل مكونه شبكه واذا كان التفريع من عرق واحد سمى النظام شبكى ريشى (الدخان والونكا والفيكس والورد)

أما اذا وجد عده عروق رئيسية متساوية الاقطار تخرج من عنق الورقة وتخرج منها عروق جانبية وهكذا سمى التعريق بالشبكى الراحى (القطن ، الخروع ، العنب)

٢ ـ التعريق المتوازى parallel venation

تمتاز به نباتات الفلقه الواحده ويندر وجوده فى ذوات الفلقين كنبات بلا نتاجوه plantago حيث تظهر العروق الرئيسية موازية لبعضها وتتصل ببعضها بعروق صغيره . والتعريق المتوازى اما ان يكون عرضيا او طوليا والحالة الأولى تكون العروق متوازية متفرعة من العرق الوسطى الرئيسى كما فى الموز اما الحاله الثانية فيكون التعريق مواز لمحور النصل كما فى العائلة النجيليه كما توجد حالات وسط بين الشبكى والمتوازى كما فى نبات الدفله .



(شكل ٤٥) شكل يوضح انتشار الاوعيه الناقله حتى حافه الورقه لامداد الخلايا

ترتيب الاوراق على الساق phyllotaxis

تتوقف وتعتمد طريقه توزيع الاوراق على الساق على شكل وحجم الاوراق وعلى كميه الضوء التى يتعرض لها سطحها الذى يقوم بالبناء الضوئى ونظم ترتيب الاوراق للصنف النباتى الواحد ثابت ومنها :ـ

١ ـ الترتيب المتبادل او الحلزونى Alernat or spiral

وهو اكثر النظم شيوعا حيث توجد على كل عقده ورقة واحده وفى ابسط انواعه تقع الورقة التالية على العقده الثانية وضع متبادل مع الأولى ثم تقع الثالثه فوق الأولى كالمشاهد فى العائلة النجيلية كالقمح او قد يكون بوجود الورقه الرابعه فوق الاولى والخامسة فوق الثانية كما فى نبات الزان Fagus

وكل ورقه تفصل او تبعد عن الورقة التالية بزاوية ثابته من محيط الدائره تعرف بزاوية الانفراج Angle of divergence للنبات الواحد

٢ - ترتيب متقابل oppositic

وتوجد على العقدة الواحده ورقتان متقابلتان وعاده توجد على العقدة التالية الورقتان فى وضع متعامد مع الورقتين السفليتين وهكذا وتسمى بالتقابل المتصالب decussate كما فى نبات الدورنتا Duranta

٣ - ترتيب سوارى او محيطى whorld or cyclic

وتوجد فيه على العقده الواحده اكثر من ورقتين كما فى نبات الدفله Nerium oleander فتوجد ثلاث ورقات وفى نبات الكازورينا Casuarina فتكون ثمان اوراق حرشفيه على العقده الواحده غالبا

تباين الأوراق Heterophylly

قد يحمل النبات أكثر من نوع من الاوراق مختلفة فى الشكل كالمشاهد فى نبات الشقيق المائى Raunculus auvalitis فالأوراق المغمورة فى الماء مجزاه خيطيه والاوراق العلوية المعرضه للهواء مفصصه كما ان بعض النباتات الصحراوية تختلف اوراقها باختلاف الموسم كنبات السله الذى يكون اوراقا عادية فى موسم الامطار تستبدل باوراق صغيره فى موسم الجفاف . كما ان بعض النباتات تكون انواع من الاوراق تبعا للعمر ففى القطن تكون الاوراق صغيره قلبيه فى المراحل الأولى من عمره ثم تكون الاوراق مفصصه كبيره فى المراحل المتقدمه من العمر .

تحورات الاوراق Modifica tions of leaves

١ - الاوراق الزهرية Flowral leaves

هى الاوراق المكونة لمحيطات الزهره المعرفه بالكأس والتويج والطلع والمتاع وتقوم هذه الأوراق مجتمعه بوظيفه اخرى غير الوظيفة العاديه للأوراق وستشرح فى باب الزهره بالتفصيل .

٢ - اوراق تكاثر خضرية

وهى تلك التى يتكون عليها براعم عرضية وتستخدم فى الاكثار الخضرى كما فى اوراق البرادبوفيليم والودنه والبجونيا

٣ - اوراق شوكيه leafspines

تنمو الاوراق فى بعض النباتات الى اشواك للحماية ضد الحيوانات سواء كان التحور للورقه كلها او اجزاء منها كما يفيد هذا التحور فى تقليل النتح والأمثلة على ذلك كثيره فالتين الشوكى تتحور الورقة كلها الى شوكه ونبات البربرس تتحور الورقه الى ثلاثة اشواك والسنط تنشأ الاشواك عن اذينات الاوراق ونبات الخشخاش الشوكى تتكون

الاشواك على حواف الاوراق ونبات السيسل قمه اوراقه مسحوبه شوكية الورد تتكون الاشواك على الورقة المركبة فى نخيل البلح بعض الوريقات تتحول إلى اشواك

٤ ـ الاوراق المحلاقية Leaf Tendrils

وتساعد هذه المحاليق النباتات على التسلق والتحور قد يحدث فى النصل بأكمله او اجزاء منه ففى البسلة lathyrus aphaca يتحور النصل كله وفى بسله الزهور Lathyrus odaratus تتحور بعض الوريقات الطرفية ونبات سميلاكس Smilax تتحور الاذنيات . فى نبات جلوريوزا تكون قمة الورقة هى المحلاق وفى نبات ابو خنجر والكليماتس يتحور عنق الورقة

٥ ـ الاوراق العوامه Buoyant leaves

تعمل الاوراق على مساعده النبات على النمو فوق سطح الماء كما فى نبات باسنت الماء او ورد النيل Eichornia حيث تنتفخ اعناق الاوراق وتمتلىء الأنسجة بالهواء

٦ ـ اوراق مخزنه Storage leaves

تقوم بعض النباتات بتخزين الماء فى اوراقها او اجزاء من اوراقها ففى الرطريط Zygophyllun يخزن الماء فى اعناق الاوراق والحى علم Mesembyan the mam يخزن الماء فى الاوراق حيث تحتوى على خلايا برانشيمه مخزنه للماء Hydrenchyma والتى تمتاز بكبر حجمها ورقة جدرها وخلوها من البلاستيدات الخضراء .

ويلاحظ فى نبات ديشسيديا Dischidia rafflesiand وجود نوعين من الأوراق ، نوع عادى ونوع آخر دورقى الشكل له فوهات ضيقه يتجمع فيها الماء الناتج من تكثيف بخار الماء الناتج من النتح

وفى الابصال تعتبر قواعد الاوراق العصارية الموجوده على الساق القرصية اوراق مخزنة للغذاء يستعملها النبات فى موسم النمو التالى

٧ ـ اوراق ممتصه للماء Water absorbing leaves

بعض النباتات كنبات تيللاندسيا Tillandsia usneoides له القدره على امتصاص بخار الماء من الجو بواسطه اوراقه حيث تظهر عليها شعيرات تمتص الماء

٨ ـ اوراق قانصة للحشرات Lnsect Trapping leaves

النباتات آكله الحشرات Insectivorous leaves لها اوراق خاصة متحوره لجذب وقنص الحشرات والحيوانات الصغيره ثم هضمها بأفرازات هاضمة محلله للبروتين ثم تمتص نواتج عملية الهضم وتلك النباتات تحتوى اوراقها ايضا على كلورفيل يقوم

بعملية التمثيل الضوئى وتكوين كربوهيدرات وتعتمد على الحشرات فى الحصول على الأزوت ومن هذه النباتات :

أ ـ نبات ورد الشمس Drosera :

وانصال اوراقه قرصية مغطاه بزوائد طويلة حساسة tentacles غديه دبوسيه الشكل طويله عند الاطراف قمتها تفرز مواد حامضية لزجه تحتوى على انزيمات هاضمة وعند ملامسة الحشره لتلك الزوائد تلتصق بها وتنحنى كل او بعض الزوائد الحساسه عليها كما ينحنى نصل الورقة لاحكام الامساك بالحشره ويتم القتل والهضم والامتصاص

(ب) نبات حامول الماء Utricularia

يكثر هذا النبات فى المصارف وحقول الارز تتحور بعض اجزاء الورقة الى مثانه لها فتحه وصمام يفتح للداخل فقط تدخلها الحشرات والحيوانات المائية بفعل التيارات المائية ولاتتمكن من الخروج مره اخرى حيث يتم القتل والهضم والأمتصاص

(جـ) نبات خناق الذباب Dionaea

فى هذا النبات يتورق العنق مكونا مصراعين متحركان حول العرق الوسطى مهيان للاقتناص فعلى كل منها غدد افرازية منتشره وثلاث زوائد حساسه وصف من الاشواك على الحافة وعند ملامسه الحشره لتلك الزوائد ينطبق المصرعان عليها ثم يفرز الغدد الانزيمات الهاضمة وتمتص نواتج الهضم

(د) نبات الجره Nepenthes

التحور الحادث فى هذا النبات يكون فى قاعده الورقة حيث تتورق كما ان عنق الورقة يصبح محلاقيا . والجزء الطرفى من العنق يصبح على شكل جره ويتحول النصل الى غطاء للجره وتغطى الجدر الداخلية للجره بماده شمعية ملساء وشعيرات متجه الى اسفل وغدد مفرزه لماده سائله تملأ حيز من الجره وكمية من ماء الامطار وقد يصل حجمه الى ربع جالون وعلى حافة الجره ماده عسليه لزجه لجذب الحشرات فتنزلق للداخل حيث تسقط ونهضم

التركيب الداخلى للورقه

تعتبر الاوراق من الوجه التشريحية امتداد جانبى للساق ولذا نجدها تشمل معظم الانسجة الموجودة به

اولا : تشريح نصل ورقة من ذوات الفلقتين Anatomy of dicot Leaf

١ ـ البشره

ويوجد بشره عليا وبشره سفلى تتميز خلاياها بانها متراصه لاتترك مسافات بينية الا فى مواضع الثغور وتختلف توزيع الثغور من حيث العدد فى البشره العليا عنها فى السفلى حيث تقل على السطح العلوى وقد تغطى البشره بطبقة من الكيوتكيل ويختلف ايضا السمك حيث يكون فى الطبقه العليا اكبر منها فى السفلى

٢ ـ **التسبيح المتوسط** Mesophyll وهو النسيج الاساسى فى الورقة ويتميز الى نسيجين يعرف الاول باسم النسيج العمادى palisade tissue ويعرف الثانى باسم النسيج الاسفنجى spongy tissue وتتميز خلايا النسيج العمادى بأنها انبوبية متعامدة على البشره جدرها رقيقة تحتوى بداخلها على بلاستيدات خضراء بكميات كبيره

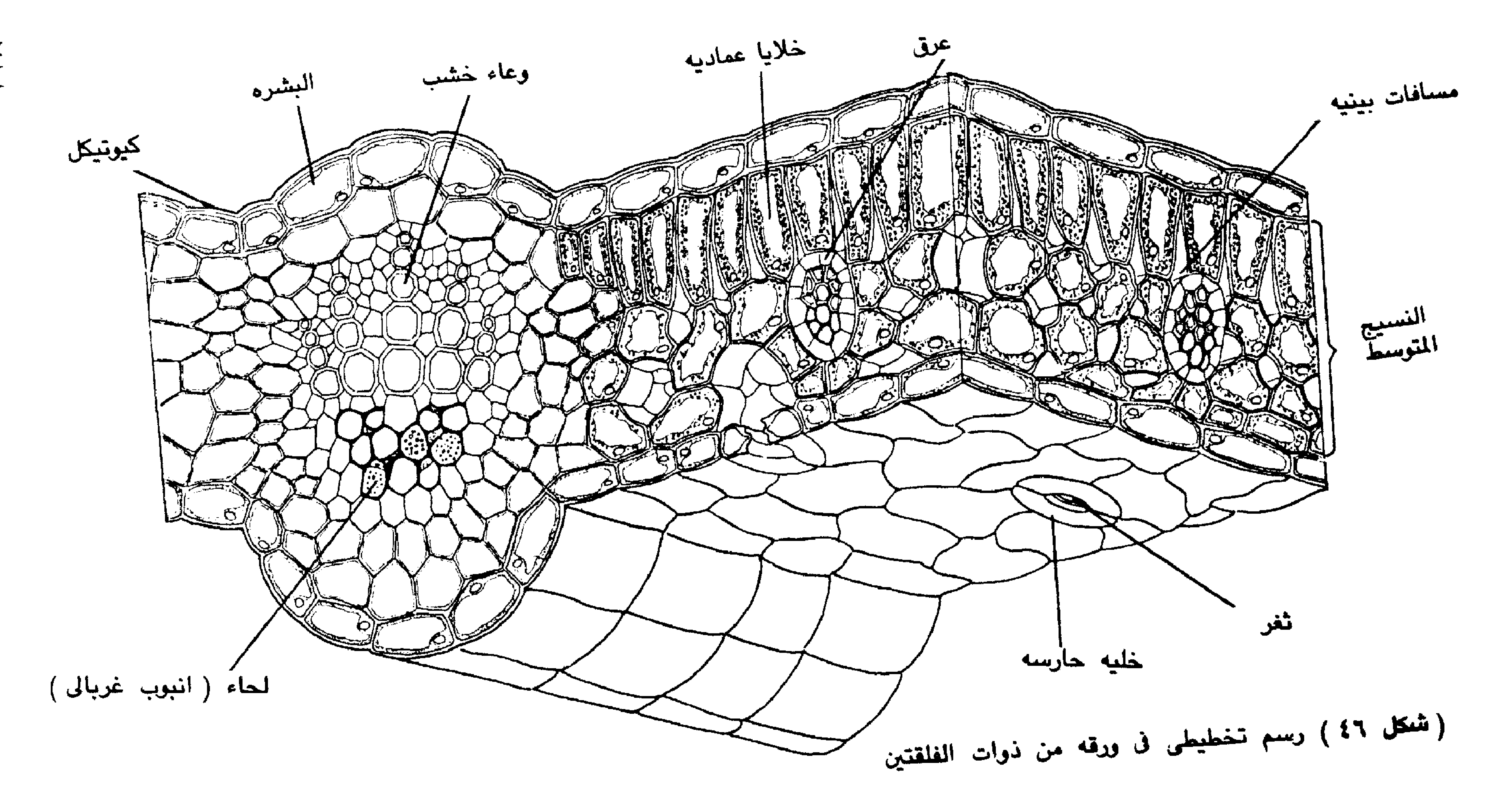
اما النسيج الاسفنجى فهو يلى النسيج العمادى وخلاياه غير منتظمه الشكل بينها مسافات بينية واسعه وتحتوى على بلاستيدات باعداد اقل من خلايا النسيج العمادى ولذا يظهر السطح السفلى اقل اخضرارا من السطح العلوى .

كما توجد خلايا يطلق عليها الخلايا المجمعه Collecting cells تستقبل ناتجات عمليات البناء الضوئى لتوصيلها الى غلاف الحزمه الوعائية حيث تنتقل بعد ذلك الى النسيج الوعائى .

ويختلف الامر فى منطقة العرق الوسطى حيث توجد خلايا كولنشيمية اسفل البشره العليا واعلى البشره السفلى للمساعده فى التدعيم

٣ ـ الانسجة الوعائية

تتكون الحزمه الوعائية من الخشب جهه السطح العلوى واللحاء جهه السطح السفلى ويتشابهان مع مايوجد منها فى الساق واكبر حزمه وعائية فى الورقة موجوده فى العرق الوسطى وتتفرع وتتشابك الحزم الوعائيه لتصل الى جميع اجزاء النصل حتى يتم النقل والتوصل بكفاءه عاليه .



(شكل ٤٦) رسم تخطيطى فى ورقه من ذوات الفلقتين

ثانيا : تركيب نصل ورقه من ذوات الفلقه الواحدة Anatomy of Monocot Leaf

١ - البشره

تتكون البشره عادة من مرتفعات تسمى مصاطب Ridges بينها منخفضات او قنوات Furrows . وخلايا منطقه المنخفضات تكون كبيره وجدرها رقيقة قليله فى الكيوتين ويطلق على تلك الخلايا بالخلايا اللافه Roll Cells او المحركه Motor Cells حيث تعمل على التفاف الاوراق فى حاله حدوث جفاف كما توجد الثغور على البشره العليا والسفلى موزعه فى صفوف فى محازاه المحور الطولى للورقه .

٢ - النسيج المتوسط

يتكون من خلايا كلورنشيميه ذات خلايا متساويه فى اقطارها تقريبا بينها مسافات بينيه .

٣ - الانسجه الوعائيه : -

الحزم فى نباتات ذوات الفلقه الواحده متوازيه والعرق الوسطى يكون اكبرها وقد لا يمكن تميزه . والحزم جانبيه مقفله والخشب يكون فى جهه السطح العلوى على شكل حرف V أو ⅄ ويتجه اللحاء جهه السطح السفلى وتحاط الحزمه نسيج ليفى عاده وقد يمتد النسيج ويصل الى البشرتين او الى البشره السفلى كالمشاهد فى ورقه القمح وغيرها .

النتح Transpiration

أو فقد الماء من النبات

loss of water from plants

من المعلومات العامة مايقال من ان الماء شرط أساسى لبقاء وتكوين كل النباتات ومايقال أيضا من ان معظم النباتات تحتاج الى الماء بمقادير كبيرة ومع ذلك فليس من المسلم به عادة ان الكمية الكبيرة الفائضة من الماء التى تمتصها معظم النباتات من التربة تفقدها فى الهواء الجوى وربما يرجع عدم تعميم هذه الوقائع الى الحقيقة القائله بأنه بينما يحتاج النبات الى الماء فيمتص فى صورته السائله المألوفه ، فإن الجانب الأكبر منه يفقده على هيئة غير مرئية من بخار الماء .

ويسمى فقد النبات الحى لبخار الماء باسم النتح ويحدث فقد الماء من أى جزء من النبات معرض للهواء وحتى الجذور تفقد بخار الماء اذا لامست هواء التربة . ومع ذلك يمكن القول عموما ، بأن الأوراق هى الأعضاء الأساسية التى تقوم بعملية النتح وقد يؤدى النتح الزائد الى تهديد حياة النبات فقد وجد Balls ١٩١٢ أن نباتات القطن فى مصر تقف عن النمو فى أيام الصيف بل وقد تنكمش السيقان انكماشا طفيفاً وأن وقف النمو وانكماش الساق يعزى إلى زيادة النتح كما وجد «بولز» أن ازالة الأوراق بقصد تقليل مساحة السطح الناتج الى الربع يؤدى الى عودة الساق الى نموها الطبيعى .

ويفقد النبات عن طريق النتح كميات كبيرة جداً من الماء فقد قدر أن النبات الواحد من القمح يفقد ٢٠٠ لتر من الماء مده حياته وان مايفقده فدان منزرع بالقطن فى مصر يقدر بخمسين طناً من الماء فى اليوم الواحد ، وان نباتاً واحداً من الذرة يفقد من الماء طول حياته مامقداره ٢٤٣ لتراً .

من ذلك نرى ان النبات يفقد من الماء أضعاف وزنه ولايحتفظ داخل أنسجته الابما يكفيه للقيام بوظائفه .

ولكى تحافظ النباتات على محتوائها المائى فانه يلزم ان تمتص من الماء اكثر قليلاً مما تفقد وتحتفظ بالفرق لبناء الأعضاء الجديدة وهذا غير ميسور فى كثير من الأحيان وأن معدل الفقد قد يفوق فى بعض الأحوال معدل الأمتصاص وقد يظن ان كثره النتح تشجع او تزيد من معدل الأمتصاص للماء من التربة ولكن التجارب التى اجراها العديد من العلماء Mc. lean (١٩١٩) Part (١٩٢٣) Parker (١٩٢٧) وآخرون أثبتت ان زيادة النتح تزيد من معدل الأمتصاص الى درجة معينة وبعدها لاترتبط زيادة النتح بزيادة الأمتصاص .

وقد يتساءل البعض عن مدى فائده عملية النتح التى تهدد حياه النبات دائما بالذبول والفناء وللإجابة على هذا السؤال نقول ان النتح يعمل على تبريد سطح النبات وبذا ينمو النبات من أثر الحرارة اللافح خصوصا فى اوقات الصيف وقد يكون هذا التفسير صحيحاً فيما يختص بالنباتات العادية او نباتات البيئة المتوسطة Mesophytes الا أن ذلك لاينطبق على نباتات البيئة الجافة Xerophytes كنباتات الكاكتس Csctix التى لها تركيب خاص وتحورات تساعدها على تقليل النتح الى أقل درجة ممكنة لتفادى الجفاف ومع ذلك فإن أنسجتها الداخلية تتحمل درجات من الحرارة تفوق كثيرا درجة حرارة الجو الخارجى .

وفى الواقع أن سبب موت الاوراق عند ارتفاع درجة الحرارة وقله الماء يرجع الى فقد بروتوبلازمها للماء وليس الى ارتفاع درجة حرارتها وعلى ذلك تعمل النباتات الصحراوية على تفادى النتح او تقليله بوسائل مختلفة منها سمك طبقة الكيوتين التى تغطى البشره ووجود الثغور فى تجاويف عميقة مغطاه لشعيرات لتتفادى النتح المباشر

وقد يظن أن من فوائد النتح أنه يعمل على جلب كميات كبيرة من الأملاح الغذائية الذائبة فى محلول التربة والتى تدخل فى عمليات البناء فى النبات ، الا انه قد ثبت أن أمتصاص وانتقال الأملاح الغذائية فى النبات يتبع قوانين خاصة غير تلك التى تتحكم فى أمتصاص وانتقال الماء ، وانه لاتوجد علاقة بالمرة بين معدل النتح وكمية الأملاح الممتصة .

أذن فلماذا يحدث النتح ؟ والأجابة الوحيدة على هذا السؤال أن الورقة مهيأه اساساً للقيام بعملية البناء الضوئى وانه لكى تتم هذه العملية الأساسية فى حياه النبات فلابد ان يحدث تبادل للغازات فيدخل ثانى اكسيد الكربون ويخرج الأكسجين وحيث ان هذا لايتم الا عن طريق الثغور فإن عملية فقد الماء من الثغور لايمكن تفاديها .

ورغم ان الجزء الأكبر من الماء المفقود على هيئة بخار يأخذ طريقه للجو الخارجى عن طريق الثغور الموجودة بالورقة والتى تتحكم فى كمية الماء المفقود الا ان هناك كمية اخرى من الماء الذى يفقد عن طريق جدر خلايا البشره خلال طبقه الأدمة .

انواع النتح :

يسمى الماء المفقود على هيئة بخار ماء عن طريق الثغور بالنتح الثغرى Stomatel Transpiration والماء المفقود عن طريق خلايا البشره خلال منطقة الأدمة بالنتح الأدمى Cuticular Transpiration ومن المعروف ان الاوراق هى أنسجة النتح الرئيسية وقد يتم فقد بخار الماء عن طريق العديسات Lenticels الموجودة فى الثمار والسيقان الخشبية ويسمى هذا النوع من النتح بالنتح العديس Lenticular Transpiration ويعتبر من الاساس لدراسة عملية النتح معرفة تركيب وتشريح ورقة النبات حتى يتسنى معرفه ميكانيكية النتح .

والنتح الأدمى هو تبخر الماء من النبات عن طريق الأدمة او البشرة وهو كبير الأثر فى الاوراق الصغيره وبشره السوق الغضه حيث تكون مغطاه بطبقة رقيقة من الكيوتين ، حتى اذا مازاد سمك هذه الطبقة قل معدل النتح او انعدم نهائيا وعلى العموم فهو فى أحسن حالاته لاتزيد قيمته عن ٣ ٪ من مجموع مايفتحه النبات .

اما النتح الثغرى فهو كما ذكرنا سالفاً تبخر الماء من النبات عن طريق الثغور وهو اهم انواع النتح إذ هو المسئول عن ٩٧ ٪ أو اكثر من مجموع مايفقده النبات من الماء .

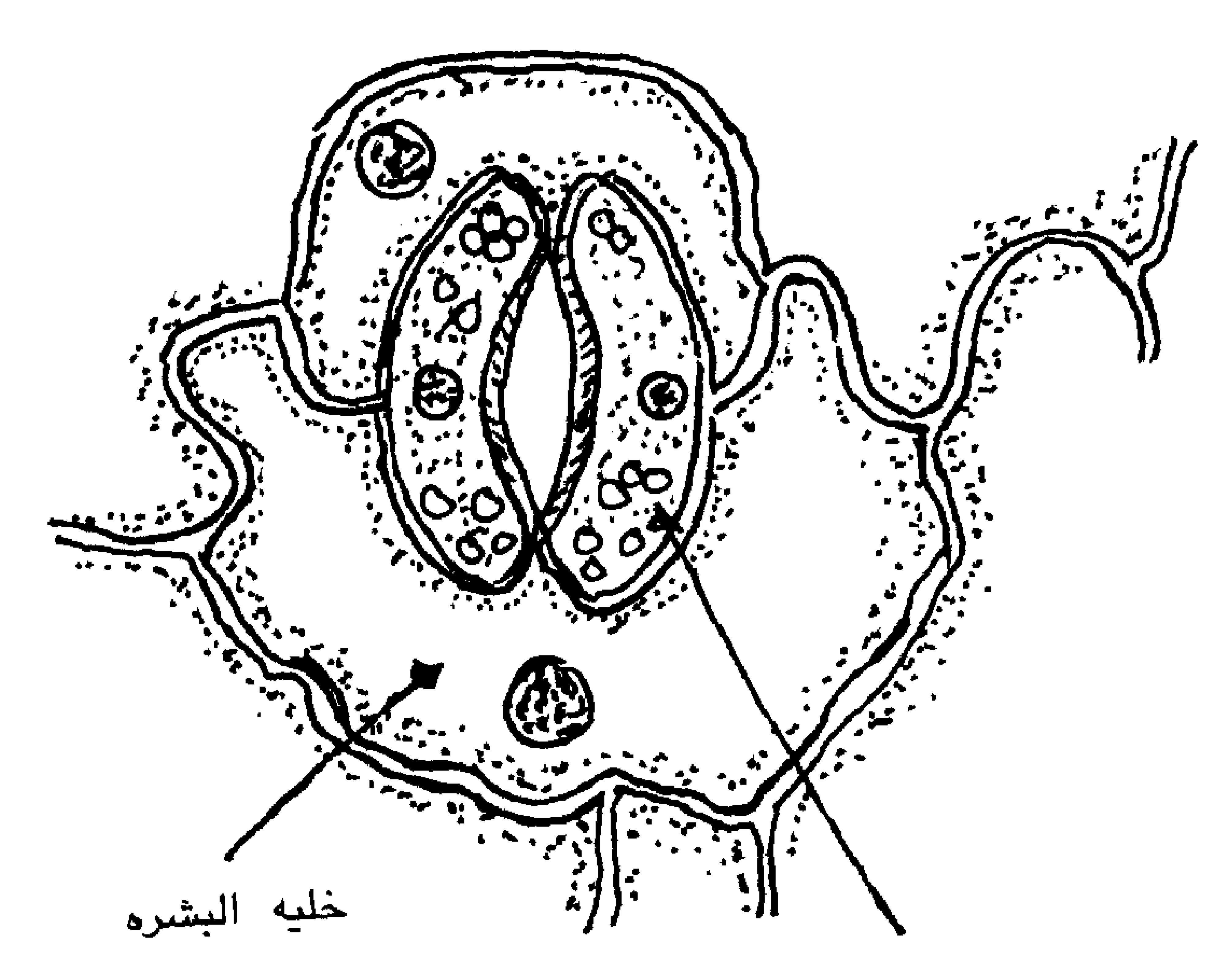
وقد ينعكس الوضع فى بعض النباتات فيزيد النتح الأدمى عن النتح الثغرى وتشاهد هذه الحالة فى نباتات الغابات المطرة التى تعيش فى جو شديد الرطوبة ولها أدق غاية فى الرقه .

وتختلف العوامل التى تحكم هذه النوعية من النتح أختلافاً كبيراً فالعامل الأساسى الذى يحدد النتح الأدمى هو درجة نفاذية الأدمة أو البشرة ، اما فى النتح الثغرى يتكون من عمليتين - الأولى هو تبخر الماء من جدر الخلايا المبطنة للغرفة الهوائية ، والثانية هى خروج بخار الماء المتكون فى هذه الغرف عن طريق فتحة الثغر . من ذلك يتضح أنه اذا لم تتم العملية الثانية فإن هواء الغرفه الهوائية يصبح مشبعاً بالرطوبة ويقف تبخر الماء من جدر خلايا نسيج الميزوفيل المحيط بالغرفة الهوائية ويحدث العكس عندما يفتح الثغر فيسهل الأنتشار ، فتقل نسبة الرطوبة فى هواء الغرفة وبذلك تزداد بسرعة تبخر الماء من هذه الخلايا .

ومن أهم الحقائق الفسيولوجية عن الثغور انها تفتح أحياناً ، وتغلق أحياناً أخرى فإن ظلت مفتوحة فانها تستغل كممر يتم خلاله تبادل الغازات بين المسافات البينية فى الورقة وبين الهواء الجوى المحيط بها وان بقيت مغلقه هبطت بشده عملية تبادل الغازات بين الورقة ووسطها الخارجي .

تركيب الثغور

الثغور ثقوب دقيقة توجد فى بشره النبات ويحاط الثغر بخليتين متميزتين من خلايا البشره يطلق عليها الخلايا الحارسة Guard Cells وتمتاز الخلية الحارسة عن باقى خلايا البشره باحتوائها على المادة الخضراء وبظهور تغليط غير متساوى على جدرها



(**شكل ٤٧**) رسم تخطيطى لمنظر علوى للثغرو الخلايا الحارسه واتصالها لخلايا بشره الورقه .

والخلية الحارسة فى منظم النباتات ذوات الفلقتين يتغلط جداريها العلوى والسفلى حيث يكونان غاية فى السمك فى الوسط ثم يتدرج التغليط فى القله الى النهايتين ويبقى الجدار الخلفى الفاصل بينها وبين خلية البشره الملاصقة رقيقاً ، كما تظل رقيقه نقطه الأتصال بين طرفى الجدارين العلوى والسفلى والتى تحد فتحه الثغر .

ويفتح الثغر عند أمتلاء الخلية الحارسة بالماء فيتمدد البروتوبلازم ويضغط أشد مايكون على الجدار الرقيق الخلفى فينبعج هذا الجدار فى خلية البشره المجاورة حتى اذا ماوصل انبعاج الجدار الى أقصى حد تسمح به مرونته تتحرك نقطتا الأتصال بين الجدار الخلفى والجدارين السميكين العلوى والسفلى فيتمدد الجزء الرقيق عند نقطه أتصال هذين الجدارين بعد أن كان مدببا وبذلك يفتح الثغر ويحدث العكس عندما يقفل الثغر نتيجة لفقد الخلية الحارسة للماء فيتقابل طرفا الجدارين العلوى والسفلى ويتدببان وتقفل بذلك فتحه الثغر .

كيف ينتح النبات :

اذا فتح الثغر وكانت العوامل الجوية مواتية لتبخر الماء فإن جدر خلايا الموزقيل الواقعة حول الغرفة الهوائية تفقد بعضا من مائها الى الغرفه الهوائية ومنها الى الجو الخارجى ، فتحاول استعادة تشبعها من الخلايا المجاورة لها بالتشرب وهكذا الى ان تصل الى اوعية الخشب وبذلك تسرى موجة من جذب ماء التشرب اولها الجدر الخلوية للخلايا المحيطة بالغرفة الهوائية وآخرها الوعاء الخشبى وتحدث موجه جذب آخرى للماء بواسطة قوة الأمتصاص للخلايا .

فاذا تصورنا ان الماء موجود فى النبات على شكل خيط شعرى نهايته فى خلايا الجذر الملاصقة للتربة وأوله فى جدر خلايا الميزوفيل المحيطه بالغرفة الهوائية فإن ماجذب اوله فإن خيط الماء يظل متصلا ويتحرك من التربة إلى أعلى .

حجم وتوزيع الثغور :

تختلف أتساع الثقب الثغرى اختلافاً كبيرا تبعا لنوع النبات ، كما تختلف الثغور التى على النبات الواحد فيما بينها ، والثقوب دائما دقيقة جداً ، ومهما يكن ذلك فابعادها تقاس بواحدات الميكرون .

ومع مايبدو من دقة هذه الفتحات بالنسبة للقيم التى يقيسها الأنسان ، فانها تعتبر كبيره جداً اذا قورنت بحجم جزئيات الغاز التى تنتشر من خلالها ، فلقد وجد بالحساب ان قطر جزىء الماء يبلغ ٤٥٤ ...... من الميكرون فاذا وضع اكثر من ٢٠٠٠ جزئى من الماء بعضها بجوار بعض فإن طولها يبلغ ميكروناً واحداً وجزئيات ثانى اكسيد الكربون والأكسجين اكبر من جزئيات الماء وغالباً ماتفوق الأقطار الثغرية الميكرون الواحد ، لذلك يبدو واضحاً ان الثغور تستطيع ، بسهولة كبيرة نسبياً ان تمرر جزئيات الغاز التى تنتشر من خلالها .

وفى العادة يتراوح عدد الثغور التى توجد على بشره الورقة لكل سنتيمتر واحد مربع منها ، من بضعه الاف الى اكثر من بضع مئات الالوف بمتوسط حوالى ١٧٠٠٠ ثغر لكل سم^{٢} ، ولقد قدر أن النبات الواحد من الذرة يحمل من ١٤٠ الى ٢٤٠ مليون ثغر وبالرغم من ان الثغور تمثل هذا التوزيع الكبير الا انها صغيره جدا لدرجه انه عند تمام أنفتاحها تشغل ١ ـ ٢ ٪ من سطح الورقة الكلى ولايختلف عدد الثغور فى وحدة مساحة الورقة باختلاف الصنف فحسب بل وبالاختلافات البيئية وتوجد الثغور على السطح السفلى فقط للاوراق فى عديد من الانواع التى تشمل معظم النباتات الخشبية ولكن فى انواع كثيرة آخرى توجد على كلا السطحين وقد توجد على السطح العلوى فقط كما فى النباتات المائية الطافيه على سطح الماء .

ميكانيكية فتح وقفل الثغور :

من المعروف ان عملية فتح وقفل الثغور تحدث نتيجة لامتلاء وعدم امتلاء الخلايا الحارسة .وقد وضعت العديد من النظريات لتفسير ظاهرة امتلاء الخلايا الحارسة وعدم امتلائها ومن امثلتها النظرية الازموزية ومؤداها أن الخلايا الحارسة اثناء النهار تقوم ببناء السكريات نظراً لاحتوائها على المادة الخضراء وهى الكلورفيل وبذلك يزيد ضغطها الازموزى وبالتالى تزيد قوة امتصاصها الأزموزية عن خلايا البشرة المجاورة فتقوم بإمتصاص الماء وتمتلأ به وتنفخ الخلايا الحارسة وبذلك ينفتح الثغر وفى الليل يتحول السكر الى نشا او قد ينتقل السكر من الخلايا الحارسة الى خلايا البشره المجاورة كما يحدث عادة اثناء الظلام وبذلك تقل قوة الامتصاص الازموزية للخلايا الحارسة وتفقد الماء الذى ينتقل الى خلايا البشره المجاورة فتنكمش الخلايا الحارسة ويغلق الثغر ومن المهم معرفه ان عملية تحول السكر الى النشا والعكس عملية حيوية تتحكم فيها كثير من الانزيمات ولابد من الاشارة الا ان نظرية الازموزية لم يثبت صحتها تماما فى جميع الحالات لان بعض الخلايا الحارسة كما فى حالة الدورانتا المبرقشه لاتحتوى على بلاستيدات خضراء وبذلك لايمكنها القيام بعملية التمثيل الكربونى وهناك نظرية أخرى تفسر عملية فتح وقفل الثغور وهى نظرية الحموضة وتأثير الرقم الايدروجينى على تركيز السكر بالخلايا الحارسة حيث قد ذكر ان بزيادة الحموضه تنشط انزيمات تحول السكر الى نشا فيقل الضغط الازموزى بالخلايا الحارسة فتفقد الماء ويغلق الثغر حيث تزداد الحموضة بهذه الخلايا عادة فى الظلام لتراكم حامضى الكربونيك (ك أ٢ ناتج عملية التنفس) وبانخفاض الحموضة كما يحدث اثناء عملية التمثيل الضوئى التى تستغل ك أ٢ فيحول النشا الى سكر الجلوكوز المفسفر وبذلك يزداد الضغط الازموزى بالخلايا الحارسة وتمتص الماء فتنفخ وينفتح الثغر .

العوامل المؤثرة على معدل النتح : Factors affecting the rate of transpiration

العوامل الخارجية والداخلية لها تأثير كبير فى معدل النتح واهم العوامل الخارجية هى الرطوبة النسبية وحركه الهواء والحرارة والضوء اما العوامل الداخلية فأهمها المحتوى المائى لخلايا الميزوفيل والجهاز الثغرى .

اولا : العوامل الداخلية :ـ

١ ـ الجهاز الثغرى :

عندما تكون الأدمة غير منفذه للماء فتكون فتحه الثغر هى الطريق الوحيد الذى يخرج منه بخار الماء فى عملية النتح ولذلك فهى من أهم العوامل التى تؤثر فى معدله وطبيعى أنه كلما زاد عدد الثغور زاد معدل النتح بشرط عدم التداخل ، ويجب ملاحظة ان الاوراق الصغيره يكون معدل النتح فيها اعلى منه فى الاوراق الكبيره لنفس النبات وذلك راجع الى احتواء الوحدة المربعة من الاوراق الصغيره على عدد اكبر من الثغور لنفس الوحدة فى الاوراق الكبيرة ، هذا بغض النظر عن ارتفاع قيمة النتح الأدمى فى الاوراق الصغيره .

٢ ـ المحتوى المائى لنسيج الميزوفيل :

يأخذ معدل النتح فى الزيادة كلما تقدم النهار حتى يصل الى اقصاه حوالى الظهر ثم يتناقص . ونجد ان معدل التبخير يأخذ فى الزيادة لبضع ساعات آخرى بعد الظهر قبل أن يبدأ فى النقصان والسبب فى ذلك هو اختلاف تركيب السطحين ذلك ان الماء يوجد فى النبات على شكل خيوط مائية شعرية فى جدران الخلايا ، فاذا تبخر الماء من أطرافها تراجع فى الخيوط الشعرية وزاد تقعر سطحه وازداد تبعاً لذلك توتره السطحى وقلت مقدرة الماء على التبخر . وهذا يفسر بدء نقص معدل النتح تحت ظروف لاتزال ملائمة لعملية التبخير من الأسطح المائية المعرضة وعندما يرتفع معدل النتح ويجاوز معدل امتصاص النبات للماء ينقص المحتوى المائى للورقة تدريجيا وتزداد درجه تقعر نهايات الخيوط المائية كما يزداد قيد الماء بغرويات الخلية وجدرها فينخفض تبعاً لذلك فقد الماء من خلايا الورقه تدريجيا ويقل النتح إلى درجه كبيرة .

١ ـ الرطوبة النسبية فى الجو : Humidity of the air

ويمكن التعبير عنها بالرطوبة المطلقه absolute humidity أونقطة التشبع أو ضغط البخار وتعنى الرطوبه النسبية كمية بخار الماء الموجود فى حجوم معينة فى اى وقت منسوبة الى مايمكن ان يوجد منه اذا ماشبعت هذه الحجوم ببخار الماء فى نفس درجة الحرارة .

وعند ثبات درجة الحرارة فان معدل النتح يزداد عند نقص الرطوبة فى الجو لقدرة الهواء على التشبع بكميات أضافية من الرطوبة

٢ ـ الرياح : Wind

تسبب الرياح عادة النتح وذلك لانها تزيل بخار الماء المجاور للأسطح الناتحة وتؤدى الى زيادة الفرق بين ضغط بخار الماء فى أنسجة النبات والهواء الخارجى المحيط به .

٣ ـ الحرارة Tenperature

بازدياد درجة الحرارة يزداد معدل النتح وذلك لانها تزيد من فرق ضغط بخار الماء من أنسجة النبات عن الهواء .

٤ ـ الضوء : Light

يحكم الضوء فتح الثغور وغالبا ماتكون معظم الثغور مغلقه اثناء الظلام ومن ثم فأن معدل النتح اثناء الليل يقل بدرجه كبيره عن معدل النتح فى النهار .

فوائد النتح :

رغم مايفقد من طاقة فى تبخير الماء المفقود ويسبب فقد النبات للماء فى بعض الأحيان من أضرار ملموسة الا ان النتح يعتبر من العمليات الهامة جداً بالنسبة لاستمرار حياه النبات فعن طريق النتح يمتص النبات أغلب الكمية اللازمه له من ماء التربة وعن طريق الحرارة المفقودة فى تبخير الماء يستطيع الماء ان يعدل درجة حرارته وخاصة فى الأجزاء شديده الحرارة كما وان هناك احتمالات صغيره لامتصاص النبات لبعض المواد الغذائية الذائبه بمحلول التربة والتى تنتقل انتقالا سلبيا (بدون بذل طاقة) لداخل النبات وذلك نتيجة لكبر كمية الماء الممتص أثناء النتح .

التوازن المائى فى النباتات

يتضح مما سبق ان المحتوى المائى الداخلى فى النبات يتوقف على عاملين اساسيين هما : أمتصاص النبات للماء وفقد هذا الماء عن طريق النتح فزيادة معدل النتح عن معدل الأمتصاص يتسبب عنها نقص فى المحتوى المائى الداخلى للنبات وينتج عنه حاله تعرف بالذبول Wilting

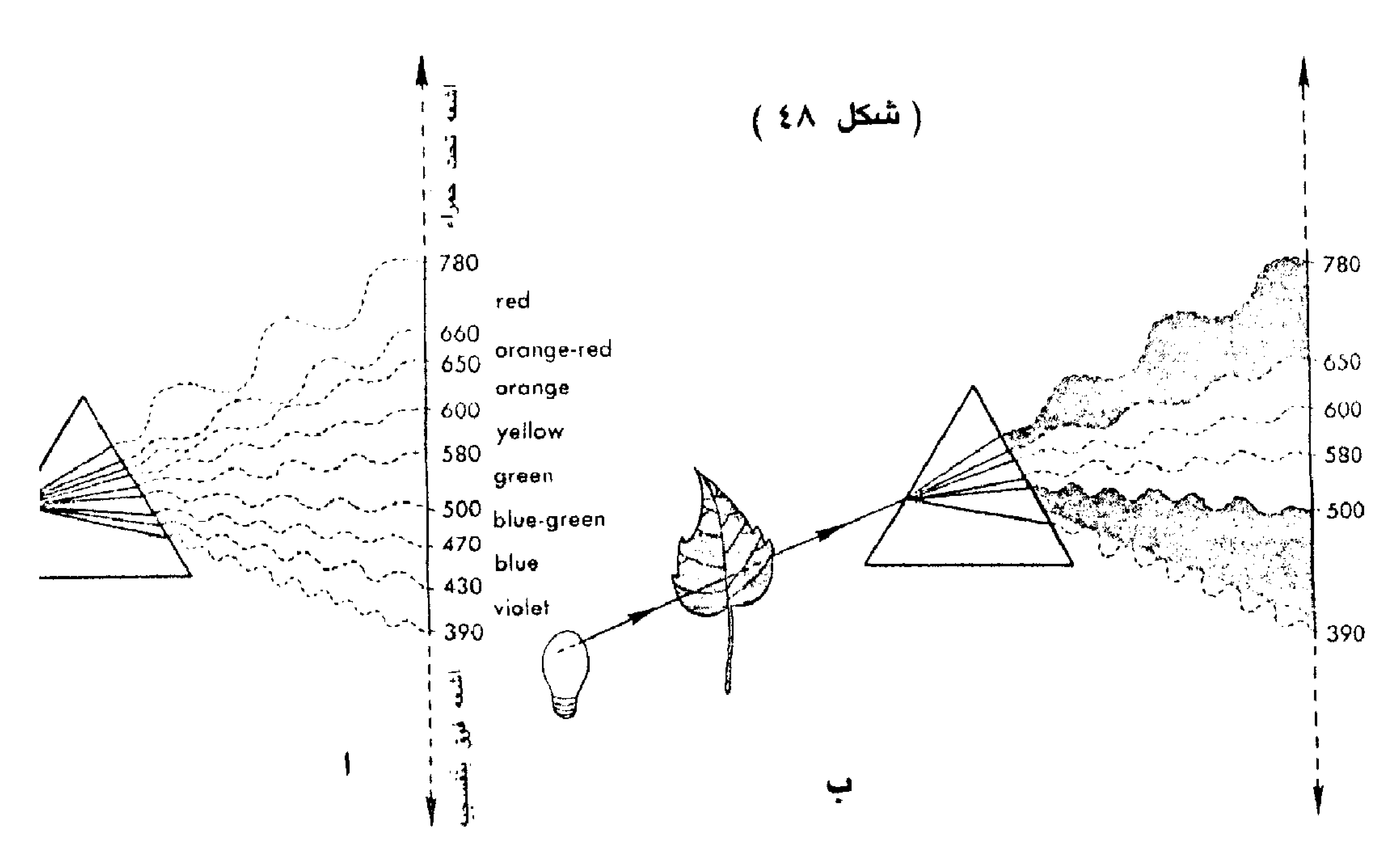
وهناك نوعان من الذبول اولهما الذبول المؤقت Transit wilting او الذبول العابر وهى ظاهرة مألوفة خصوصا فى المناطق الحارة الجافة او أثناء اشتداد الحرارة فى أغلب المناطق المعتدلة ، حتى فى الفترات التى تحتوى فيها التربه على قدر كاف من الماء ، وينشأ هذا النوع من الذبول عادة عن زيادة مؤقته فى معدل النتح عن معدل الأمتصاص ويمكن ملاحظتها بوضوح فى ذبول اوراق كثير من الأنواع النباتية بعد ظهر أيام الصيف الحارة ثم استعادة امتلائها قرب الغروب واثناء الليل حتى ولو لم تزود مثل هذه النباتات بماء الرى .

وثانيهما : الذبول الدائم permanent wilting وهذا النوع لايشفى الا اذا زاد المحتوى المائى للتربة وغالبا مايؤدى استمرار النباتات فى حالة الذبول الدائم لعده أيام قليلة الى موت الشعيرات الجذرية نتيجة لنقص الماء ، الأمر الذى يؤدى الى بطء شفاء كثير من النباتات حتى ولو زودت تربتها بالماء .

الضوء والطاقة الضوئية
Light and its Energy

يجب ان نلم بالمعلومات الاساسية للخواص الطبيعية للضوء والأنواع الأخرى من الطاقة الأشعاعية لكى نفهم عملية البناء الضوئى photosynthesis فهما صحيحاً ، وكذلك بناء وخواص الكلورفيل وكثير من العمليات البنائية الأخرى والطاقة الأشعاعية كما يبدو من بعض خواصها ، تنتشر فى الفضاء على صورة أمواج متذبذبة وضوء الشمس العادى او الضوء الأبيض » الصادر من أى مصدر صناعى يبدو متجانساً للعين البشرية ، ولكن بعد امراره فى منشور فإنه يبدو كطيف من الألوان وترتيب الألوان الواضحة لطيف أشعه الشمس هو الأحمر ، البرتقالى ، الأصفر ، الأخضر الأخضر المزرق ، الازرق البنفسجى ويقابل كل لون من هذه الألوان مجال مختلف من أطوال الأمواج الضوئية

(شكل ٤٨)



ا ــ يمر الضوء الابيض خلال المنشور الزجاجى فيخرج محللا الى موجات من ٣٩٠ ملليميكرون الى ٧٨٠ ملليمكرون

ب ــ عند مرور شعاع الضوء خلال ورقه نبات موضوعه قبل المنشور نتج عن ذلك شرائط مظلمه فيما بين ٣٩٠ ــ ٥٠٠ ملليمكرون وفيما بين ٦٥٠ ــ ٧٤٠ ملليمكرون ــ مما يدل على ان الكلورفيل قد امتص الضوء عند هذه الاطوال الموجيه .

ويتراوح طول الأمواج التى تسبب الأحساس بالضوء بين حوالى ٣٩٠ ملليميكرونا الى حوالى ٧٦٠ ملليميكروناً .

ويكون الضوء المرئى جزءاً صغيراً من طيف الطاقة الأشعاعية وتصل طوال الموجه للمنطقة الطويلة للأشعة تحت الحمراء أو «الأمواج الحرارية » الى حوالى ١٠٠,٠٠٠ ملليميكرون اما الأمواج الكهربية فهى أطول مدى اذ يبلغ طولها كيلومتراً او اكثر وتقع الأمواج التى تستعمل فى الأذاعة فى هذا الجزء من الطاقة الأشعاعية .

وتقع منطقة الأشعة فوق البنفسجية قبل منطقة الضوء المرئى فى مجال الطاقة الأشعاعية وتهبط أطوال موجاتها الى ١٠ ملليميكرونات أما أشعه (×) فهى أقصر من ذلك (١. و ١٠ ملليميكرونات)

ولاتصل جميع هذه الأنواع من الأطياف بكميات متساوية الى الارض ، لان هناك مرشحات فى الغلاف الشمسى والغلاف الارض للطاقة المستمده من الشمس سواء كانت الطاقة ضوئية او حرارية وهذه المرشحات تتركز فى ثلاث عوامل .

أ ـ بخار الماء

ب ـ ك أ٢ ثانى اكسيد الكربون

والأثنين يقوما بترشيح او حجز كثيرا من الموجات الحرارية ال inferared

جـ ـ الاوزون أ٣

وهذا الغاز يقوم بامتصاص اغلب الأشعة الكونية وايضا اغلب اشعه جاماX Rays وبعض من الأشعة فوق البنفسجية U .V وان كان جزءا منها أيضا يمتص او يحجزه بخار الماء .

ويلاحظ من الرسم السابق (شكل٨) الملاحظات التالية :

١ ـ اكثر هذه الأنواع طاقة هى الاشعة الكونية واقلها فى الطاقة هى الاشعة الكهربائية Radiowave .

٢ ـ ان الموجات القصيره جداً تتميز خطورتها البالغة على الكائنات والخلايا الحية حيث تسبب دماراً فى الانسجة المختلفة وخاصة أنسجه البروتين وبالتالى فإن عملية حجز موجاتها عن طريق الاوزون وبخار الماء تعتبر بمثابة عملية حيوية اساسية لاستمرار الحياة .

٣ ـ يلاحظ أيضا ان الموجات فوق البنفسجية U .V تسبق الضوء المرئى مباشرة وهى لها استعمالات خاصة وهامة ستذكر فيما بعد .

٤ ـ الضوء المرئى والذى يقصد به انه يمكن للعين المجرده رؤيته يتراوح طوله من 400 - 700 . mμ وهذا متوسط عام فهناك من يستطيع ان يرى موجات قد تقصر او تزيد عن ذلك .

٥ ـ يلى الضوء المرئى ال inferared وهى الأشعه تحت الحمراء وهى اساسا موجات حرارية وكما ذكرنا سابقاً ان كثيراً من هذه الموجات تمتص فى الغلاف الارضى .

٦ ـ اشعه ال Radiowave وهى موجات طويلة قد فقدت القدرتين الضوئية والحرارية لانه كلما طالت الموجه قلت الطاقه .

٧ ـ الأشعه القصيره مثل اشعه جاما تستعمل مع أسلحه الدمار المختلفة وأشعه X تستعمل لمعرفه تركيب DNA،RNA وأغراض بيولوجية أخرى مثل التعقيم الجنسى ، والتعقيم هو عملية قتل الميكروبات وانتاج سلاسلات جديدة من الكائنات الحية سواء نباتية او حيوائية او أنسانيه حيث انه عند سقوط هذه الأشعه المحملة بكميات كبيره من الطاقة نجد انها تؤثر على الكروموزومات مسببه حدوث طفرات لها ، ونجد أيضا ان الأشعه القصيره بعضها يستعمل فى استخدامات طبيه مثل X Rags وأيضا تستعمل فى حفظ الأغذية وكذلك تستعمل لا Rays جاما حيث تمنع تحلل الصبغات اذا استعملت بمقادير معينه وكذلك تستخدم الانه فى علاج السرطان .

استعمالات الأشعه فوق البنفسجية U. V .

أ ـ تستعمل اساساً فى التطهير .

ب ـ تستعمل فى الكشف عن المركبات الكيميائية المختلفة وتعريفها وكذلك الهرمونات النباتية لان جميع البروتينات والصبغات البروتينية تمتص اساساً فى ال U. V هناك ابحاث حديثة تشير الى انه لابد ان هناك دوراً حيويا هاماً تقوم به ال U. V عن طريق تشبعها بالصبغات والبروتينات النباتية ، فنجد ان الاكسينات والجيريلينات والصبغات البروتينية المختلفة داخل الخلية وكذا الأحماض النووية تحدث لها تنشيط كيمائى عند تعريضها ال U. V وهى أقل خطوره من XRays وأغلب استعمالاتها ، استخدامات كيميائية لان كل المواد القطبية وذات الشحنات تمتص هذه الأشعة وتعتبر من أهم طرق معرفة تركيزات الهرمونات النباتية . وهناك صبغات متخصصه فى النبات لامتصاص واستخدام U. V وتستخدم أيضا فى تعقيم أدوات زراعة الأنسجة وغيرها .

مما سبق يتضح ان النبات الأخضر النامى ماهو الامصيدة ذات كفاءه عالية للطاقة الضوئية ولما كان الأنسان يستمد غذائه عن طريق النبات او عن طريق المخلوقات التى تتغذى على النبات فإنه بذلك يتوقف استمرار وجودة على أستمرار تواجد الطاقة الضوئية الا ان هناك بعض الشواذ مثل انواع من البكتريا تستمد الطاقة اللازمة لها عن طريق اكسدة بعض المركبات مثل مركبات الحديدوز $ح^{++}$ الى حديدك $ح^{+++}$وغيرها من المواد المستعمله لمثل هذه الأغراض .

الشمس كمصدر للطاقه :ـ

تعتبر الشمس كقنبلة هيدروچنية حيث انه يتم بها اتحاد ٤ ذرات هيدروچين لانتاج ذره واحده من الهليوم $4H \leftarrow He$.

ولما كانت كتله كل من ذرات الهيدروچين تساوى ١,٠٠٨ وأن ذرة الهليوم كتلتها ٤,٠٠٣ فمعنى ذلك ان هناك فقد فى الكتلة يساوى ٠,٠٢٩ (٤,٠٣٢ ـ ٤,٠٠٣) وحدات كتله . وقد ثم ربط هذه الكتلة المفقودة او تحويلها حسابيا الى وحدات معبره عن الطاقه عن طريق معادلة أنشتين الشهيره هذه الوحدات من الطاقة هى الارجات Ergs وهى نظام حسابى انجليزى (السعر = ٤,١٨٤ × ١٠^٧ أرج) وتنص المعادلة الخاصه بحساب الطاقة على ان الطاقه تساوى حاصل ضرب الكتله فى مربع سرعه الضوء (أى $E = Mc^2$) حيث أن Eهى الطاقة Mالكتله Cسرعة الضوء والتى تساوى ٣ × ١٠^١٠ سم / ثانية . معنى ذلك ان الطاقة الناتجة كسعرات من تحول كتله صغيره تعتبر عالية جداً اذا ماقورنت بوزن هذه الكتلة .

وقدرت سرعة تناقص كتله الشمس حيث وجدت انها ١٢٠ مليون طن من الكتلة لكل دقيقة واحدة تتحول كلها الى طاقه منفردة فى الفراغ ومنطلقه خلال الغلاف الشمس وتستقبل الارض من هذه الكمية مايوازى ٥,٥ × ١٠^٢٣ سعراً فى السنة أى (١٠٠,٠٠٠ سعر / سم^٢ / سنه) يستغل ثلث هذه الكمية فى عمليات تبخير الماء ويتبقى حوالى ٦٧,٠٠٠ سعر / سم^٢ / سنة لعملية التمثيل الضوئى وعمليات اساسية آخرى وقد قدر ان حوالى ٢٠٠ مليون طن من ك أ٢ الجوى تتحول سنويا الى سكريات بواسطةالنباتات الخضراء .

الطاقه الضوئيه :

عند تحول الايدروچين الى هليوم فى جسم الشمس تنطلق انواع مختلفة من الأشعة تختلف فيما بينها حسب طول موجات هذه الأشعه كما ذكرنا سالفا وتستقبل الارض هذه الأشعاعات باطول موجات مختلفة هذه الموجات تعتبر مساراً لجزئيات متناهية فى الصغر هى الفوتونات photones والتى يمكن تمثيل كل منها بكيس صغير مملوء بطاقة معينة (متوقفه على نوع الضوء) وتسمى هذه الطاقة بالكوانتم Quantum .

وتمكن العالم الألمانى Plank بإيجاد علاقه بين طول الموجه والطاقه المتحصل عليها منها ويرمز لها بالكوانتم عن طريق المعادلة التالية :

$$E = H \cdot V$$

حيث E = طاقة الكوانتم

H = ثابت بلانك

V = تذبذب الأشعة

وحيث ان التذبذب ماهو الاناتج قسمه سرعه الضوء على المسافة فإن V تساوى C

حيث C سرعه الضوء طول الموجة

مثال :

أحسب طول الموجه الضوء المستعمله لانتاج جزئى واحد من الجلوكوز مع أعتبار أن تحول الطاقة الضوئية إلى كيميائية ١٠٠ ٪ وان الناتج سيكون بالـ m.u علماً بالأتى تجاوزاً عدد افوجادرو = 2×10^{-8} وثابت بلانك = 696.000 والطاقه لمول واحد جلوكوز 696.000 سعر ، وسرعه الضوء 3×10^{10}

الحل

$$E = \text{ثابت بلانك} \times \frac{\text{سرعة الضوء}}{\lambda}$$

$$\frac{696.000}{\text{رقم افوجادرو}} = 696 \times 10^{3} \times \frac{3 \times 10^{10}}{\lambda}$$

$$\frac{696.000}{2 \times 10^{-8}} = 696 \times 10^{3} \times \frac{3 \times 10^{10}}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{(696 \times 10^{3}) \times (3 \times 10^{10}) \times (2 \times 10^{-8})}{696.000}$$

$$\lambda = 3 \times 10^{2} \times 2$$

$$\lambda = 3 \times 100 \times 2$$

$$\lambda = 600 \quad m.\mu$$

تأثير الضوء Light axtion

يؤدى أمتصاص الضوء بواسطة الصبغات النباتية الى تحريك الألكترونات الواقعه فى مستويات مختلفة حول انوية ذرات هذه الصبغات الى مستويات من الطاقه اعلى من المستوى التي كانت واقعه به ، وتصبح بذلك الصبغه فى حالة نشطه وتستمر فى هذه الحالة مدة قصيرة جداً تصل الى جزء من الثانية حيث يسقط بعدها الالكترون الى مجالة السابق الأقل نشاطاً .

والطاقة الناتجة عن فقد هذا الالكترون لطاقته تنفرد لتؤدى عملاً معينا وهذه الطاقه والتى تسمى بطاقه التنشيط Enqrgy of Activation تنطلق فى أحد الصور الاتية :

١ ـ تنطلق على صورة ضوء او حرارة منعكسه

٢ ـ او باعطاء هذه الطاقه لمركب آخر

٣ ـ او تستغل فى تفاعل كيماوى معين كما يحدث فى عمليات الأكسدة والاختزال مثلاً .

وهناك عدة مقاييس او اصطلاحات كثيرا ماتستخدم للتعبير عن شده الأضاءة ومنها :

التوهج Brightness

يرمز لشده الضوء بشده التوهج أى شده الأضاءة كما تبينها العين المجردة ويرمز لها قياسا بما يسمى قدم / شمعه (Foot / Candles) وقد وجد ان هناك علاقة بين التوهج والكثافة الضوئية حيث اعتبر ان ١ قدم / شمعه = ١٠,٨ لكس (lux)

٢ ـ الكثافة الضوئية : Intensity (Irradiance)

هى الطاقة الضوئية الواقعه على وحدة المساحة فى وحدة الزمن وقد يعبر عنها بالسعرات او بالارجات وبذلك فإن الكثافة الضوئية هى معيار حقيقى لشده الاضاءه .

البناء الضوئى

Photosynthesis

تقوم النباتات الخضراء بعملية البناء الضوئى ويتم فيها تحول الطاقه الضوئية الى طاقه كيميائية فى صورة مركبات عضوية متكونة من ك أ٢ وماء فى وجود الضوء والكلورفيل وعملية البناء الضوئى Photosy nthesis هى المصدر الرئيس لامداد الهواء بالأكسجين والذى تستغله الكائنات الحية فى قيامها بعملية التنفس . وأستمرار أحتياج النباتات الخضراء لثانى اكسيد الكربون اثناء قيامها بعملية البناء الضوئى يتم حفظ تركيزات كل من ثانى اكسيد الكربون (٠,٠٣٪) والأكسجين (٢١٪) بالهواء الجوى متوازنة تقريبا .

وقد أختلف البحاث فى تعريف عملية البناء الضوئى ولكن يمكن ببساطه تعريفها على انها عملية انتاج سكريات من ثانى اكسيد الكربون والماء بالخلايا النباتية الحية فى حالة وجود الضوء والمادة الخضراء ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية :

٦ ك أ٢ + ٦ يد٢ ا ——(ضوء / كلوروفيل)——> ك٦ يد١٢ أ٦ + ا٢

من هذه المعادلة المبسطه ، يلاحظ ان كل من الضوء والكلورفيل لابد من تواجدهما حتى يمكن اتحاد ثانى اكسيد الكربون والماء وأنتاج السكر والاكسجين وكما ذكرنا سابقاً اهمية الضوء كمصدر للطاقة وسنتناول ذكر انواع الصبغات الخاصة بعملية البناء الضوئى .

صبغات البناء الضوئى Photosynthesis pigments

وتسمى عادة بصبغات البلاستيدات الخضراء وتنقسم الى ثلاث مجاميع رئيسية :ـ

١ ـ الكلورفيلات Chlorophylls
٢ ـ الكاروتنويدات Carotenoids
٣ ـ الفيكو بيلينات phycobilins

اولا : الكلورفيلات Chlorophylls

وهى الصبغات الخضراء وأساس عملية البناء الضوئى وتوجد داخل البلاستيدات الخضراء واللون الأخضر دليل على انه يمتص بعض موجات الضوء المرئى فى حين ان **بعضها الاخر لايمتص وينفذ خلال الكلورفيل والجزء الذى يمتص بواسطة الكلورفيل هو الجزء الذى يستغل فى عملية البناء الضوئى اساساً .**

وقد أثبتت التجارب ان الكلورفيل يمتص الضوء الازرق والاحمر وجزء من البنفسجى فى حين ان جزء من الضوء الأحمر واغلب الأصفر والبرتقالى والأخضر ينفذ خلال الكلوروفيل بدون أمتصاص .

وتعتبر الكلوروفيلات عبارة عن استرات (اتحاد حامض بكحول) لاحماض ثنائية تسمى احماض الكلوروفللين Chlorophyllins متحدة مع كحولات هى كحول الميثانول (ك يد٣ أ يد) وكحول الفيتول phytol (ك٢٠ يد٣٩ أ يد)
وقد اكتشف العالمان الألمانيان Willstater & stoll ١٩١٨ تركيب كل من كلوروفيل أ ب وتعرفا على الرموز الكيميائية لها وهما (شكل)

كلورفيل أ ك٥٥ يد٧٢ أ٥ ن٤ مغ
كلورفيل ب ك٥٥ يد٧٠ أ٦ ن٤ مغ

وكما يتبين من الرمزين السابقين ان كلوروفيل أ اكثر اختزالا من ب حيث ان كلوروفيل ب يوجد به مجموعة الدهيد (ك أ يد) بدلا من مجموعة ميثيل (ك يد٣) المتواجده فى كلوروفيل أ ويمثل كحول الفيتول ١/٣ جزئى الكوروفيل وله قابلية عظمى للأتحاد مع أكسجين الجو وبذلك قد يكون هو المسئول عن عمليات الأختزال التى يقوم بها الكلوروفيل وجميع انواع الكلوروفيل لاتذوب فى الماء ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية المختلفة بدرجات متفاوته حسب نوع المذيب ونوع الكلوروفيل .

انواع الكلوروفيل :

(١) **كلوروفيل** a (أ) ويوجد فى جميع الكائنات النباتية التى تقوم بعملية البناء الضوئى فيما عدا بعض انواع البكتريا ويقوم كلوروفيل أ بمفرده بامتصاص نصف الطاقه الضوئية المستمدة من الضوء المرئى والمستغلة فى عمليات البناء الضوئى ويظهر هذا الكلوروفيل باللون الازرق المخضر فى محلول الكلورفيل فى الكحول .

كلوروفيل b (ب) يوجد فى جميع النباتات الراقية الخضراء والطحالب الخضراء ولكن غير موجود فى كثير من انواع الطحالب الأخرى ويظهر باللون الأخضر عند تواجده فى المحلول وهو أكثر اكسده من كلورفيل أ ولذلك فهو أقل منه قابلية للذوبان فى المذيبات العضوية ويوجد بنسبة ١ لكل ٣ أجزاء من كلوروفيل أ بالنباتات الراقية .

(٣) **كلوروفيل** c (جـ) : ويوجد فى الطحالب البنية والدياتومات Diatomsبدلا من كلوروفيل ب

(٤) كلوروفيل d **(د) : ويوجد اساساً فى الطحالب الحمراء بدلا من كلوروفيل ب أو جـ**

(٥) **كلوروفيل البكتريا** : ويوجد فى البكتريا الكبريت القرمزية Purple Sulfer bacteria بدل من كلوروفيل أ ، ب أى أنه النوع الوحيد من الكلوروفيل الموجود بهذه الكائنات

(٦) البكتريوفيريدين bacteriovirdin ويوجد اساساً فى البكتريا الكبريتية الخضراء Green Sulfer bacteria وهو النوع الوحيد من الكلوروفيل الموجود فى هذه البكتريا .

وقد وجد ان غالبية أمتصاص الكلوروفيل للضوء يكون فى مجال كل من الطيفين الازرق والاحمر اى على موجات ٤٣٠ ، ٦٠٠ mu تقريبا وان كانت درجة الأمتصاص فى الطيف الازرق تكون اعلى منها فى الأحمر فى أغلب الأحيان الا ان هناك بعض الشواهد على ان كفاءه عملية البناء الضوئى بالنباتات الخضراء تكون اعلى عند تعريض النباتات للضوء الاحمر مقارنة بالضوء الازرق (فيما عدا الكلوروفيل البكتيرى والذى يمتص اساسا الأشعة تحت الحمراء والطيف الازرق البنفسجى)

ثانيا : الكاروتنويدات Carotenoids

وتعتبر صبغات مساعدة للكلوروفيل وتتواجد فى البلاستبدات الخضراء مع الكلوروفيل وتكون نسبتها ١ : ٣ بالنسبة للكلوروفيل ، وتتواجد أيضا فى البلاستيدات الملونة جنبا الى جنب مع كلوروفيل أ ، ويعزى ظهور الألوان الحمراء والصفراء ، والبرتقالى الى هذه الصبغات وتوجد بكثره وتركيزات عالية فى الثمار والخضروات وبتلات الأزهار وعموماً تتواجد هذه الصبغات بخلايا جميع النباتات الراقية وفى خلايا البكتريا الكبرتية القرمزية والتى تقوم بعملية البناء الضوئى جنبا الى جنب مع الكلوروفيل البكتيرى ولكن وجودها مشكوك فيه فى بكتريا الكبريت الخضراء .

والكاروتنويدات Carotenoids هى هيدروكربونات Hydrocarbons غير مشبعه وسريعه الأكسده فى وجود أ٢ وتنقسم هذه الصبغات الى نوعين هما الكاروتين Carotenes والزانثوفيل Xanthophylls والمجموعة الأخيره اكثر اكسده من الأولى حيث يقل بها ذره هيدروجين ويوجد بها ذرتى أكسجين مع عدم وجوده بالكاروتينات والرمز الكيميائى للكارونية ك٤٠ يد٥٦ علما بوجود ثلاث مشابهات كيمياوية داخل هذه المجموعة هى الفا وبيتا وجاما كاروتين وان كانت اكثرهم شيوعا بالنبات هى بيتا كاروتين ويعتبر المشابة بيتا كاروتين المكون الرئيس لفيتامين أ بالنسبة للحيوان والانسان .

أما الزانثوفيل فيتشابه مع الكاروتين وان كانت تتواجد بنسبة اعلى منها (٢ زانثوفيل : ١ كاروتين) وتميز الزانثوفيل باللون الأصفر او البنى ويسهل تحولها داخل النبات مباشره الى الكاروتين والعكس .

ويوجد حوالى ٦٥ نوع من الكاروتنويدات وكما سبق الى ان الكاروتين يتميز بانواعه المختلفة فايضا الزانثوفيل له انواع مثل الفلافوزانثول Flavoxanthol والفوكوزانثين Fucoxanthins والتى تتواجد بغالبية عظمى فى الطحالب البنية لتعطى هذه الطحالب الوانها المميزه .

والكاروتنويدات تلعب دوراً هاماً فى عملية البناء الضوئى ، وتتواجد فى جميع خلايا النبات تقريبا وتتميز بالوانها المختلفة والتى تكسبها للخلايا المتواجده بها مثل الالوان الصفراء والحمراء والبنية وخلافه وهى مواد غير قابلة للذوبان فى الماء وتذوب فى المذيبات العضوية المختلفة وهى مركبات غير مشبعه فيسهل اكسدتها وأختزالها وهذا يعتبر من اهم صفاتها كصبغات مساعدة فى عملية البناء الضوئى وهى تمتص اساسا فى الطيف الازرق (٤٦٠ - ٤٨٠ mμ) من الضوء مما يزيد من كفائه امتصاص الاوراق الخضراء فى هذا المجال الضوئى .

وتقوم هذه الصبغات بالأحاطه بجزئيات الكلوروفيل وكثيراً ماتحميه من الاكسده الضوئية ويجدر الأشارة انه بعكس الكلوروفيلات فإن الكاورتنويدات يمكن لأغلبها ان تتكون في الظلام فى حين ان الكلوروفيل لابد عند تكونه من البروتوكلوروفيل ان يتم التفاعل فى وجود الضوء .

(**ثالثا**) : **الفيكوبيلينات** phycobilins

وتعتبر هذه المجموعة كصبغات مساعدة للكلورفيل لاتمام عملية البناء الضوئى ببعض النباتات خاصة الطحالب بأنواعها المختلفة ، وتتميز بالوانها المتباينة كالاحمر والازرق .

وهى عبارة عن مركبات بروتينية التكوين وذلك يفسر حساسيتها البالغة للحرارة المرتفعة والتى تؤدى الى ابطال عملها .

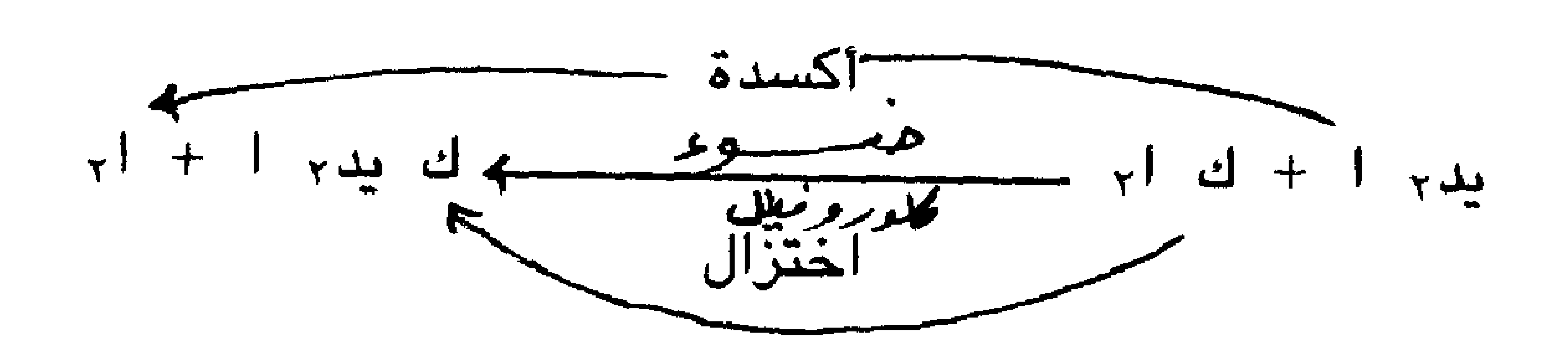
وتوجد الفيكوبيلينات كصبغات مساعدة لصبغات الكلوروفيل المختلفة فى الطحالب الحمراء المحتوية على كلوروفيل أ ، د وكذلك فى الطحالب الزرقاء المخضره والتى يتواجد بها كلوروفيل أ فقط .

ومن انواع هذه الصبغات هى الفيكوئرثيرنين Phycoerythrin والفيكوسيانين Phycocyanin

آلية البناء الضوئى The Mechanism of Photosynthsis

عملية البناء الضوئى photosynthesis **هى عملية أكسدة وأختزال اساساً يكون نتيجتها تحويل مركبات ذات طاقه ضئيله (الماء وثانى اكسيد الكربون) الى مركبات**

عضوية غنية بالطاقه (كربوهيدرات) مستغله فى ذلك الطاقه المتحصل عليها من الشمس والمتصه بواسطه النباتات المحتوية على صبغات عملية البناء الضوئى والمعادلة العامة لهذا التفاعل هى :



ويلاحظ من المعادلة السابقه ان ثانى اكسيد الكربون تم أختزاله باضافة الايدروجين له وأيضا بنزع ذرة اكسجين ، كما وان جزئى الماء فى المعادلة السابقه تمت اكسدته الى أ٢ عن طريق نزع ذرات الايدروجين منه .

وأجريت كثيراً من البحوث لمعرفة مصدر الأكسجين المتصاعد نتيجة عملية البناء الضوئى هل هو جزئى الماء أم ثانى اكسيد االكربون ؟ وقد تم التأكد ان جميع الأكسجين المتصاعد يكون ناتجا من جزئى الماء دون تدخل جزئى ك أ٢ مطلقا فى هذا الشأن وبعد تأكد البحاث من مصدر الأكسجين باستعمال النظائر المشعه Isotope أى باستعمال ماء به اكسجين مشع أ١٨ وأن الماء يتأكسد أثناء البناء الضوئى فى حين ان ك أ٢ يختزل وكان الاعتقاد ان عملية البناء الضوئى ماهى الاعملية مباشره ذات تفاعل بسيط يتم أثناءه بناء الكربوهيدرات .

وقد وجد العالم Blackman ١٩٠٥ ان هناك اكثر من تفاعل واحد اثناء عملية البناء الضوئى وليست التفاعلات كلها ضوئية ، بل لابد من وجود تفاعلات كيمياوية حيوية مكمله لاتمام بناء الكربوهيدرات عن طريق عملية البناء الضوئى .

وقد تم التأكد من الحقيقية عن طريق أثبات وجود تفاعلين أحدهما ضوئى والأخر لايلزم له الضوء ومما هو معروف ان التفاعلات الضوئية كقاعده عامة لاتؤثر فى سرعتها الحرارة فى حين ان التفاعلات الكيمياوية والحيوية منها تتأثر الى حد بعيد بالحرارة ومن ذلك ثم أستخلاص ان التفاعل الأول هو تفاعل ضوئى يتوقف على كثافة الضوء أساساً وان التفاعل الثانى والمكمل هو تفاعل حيوى يتأثر بالحرارة اساساً .

وبذلك يمكننا تقسيم عملية البناء الضوئى الى جزئين رئيسيين وهما التفاعل الضوئى وفيها يقوم الكلوروفيل بامتصاص الضوء والثانى تفاعل كيماوى يتم فيه أختزال ك أ ٢ الى كربوهيدرات .

اولا : التفاعل الضوئى او تفاعل هيل Hill Reaction

اجرى Robert Hill ١٩٣٧ بحوثه على عملية البناء الضوئى بأستخدام بلاستيدات خضراء معزولة ، فى بيئه مناسبة ولكنه فشل فى الحصول على المواد الكربوهيدرائية أثناء تجاربة ولكنه وجد ان هذه البلاستيدات المعزولة قادرة على انتاج أ٢ اى قادرة على اتمام التفاعل الضوئى وذلك فى جود عوامل مؤكسده (أى قادرة على اكسده المركبات وتصبح هذه مختزلة) مثل مركبات السيانيد الحديدية Ferrocyanide ومركبات اكسالات البوتاسيوم الحديدية potassium Ferric Oxalate ومركبات الكي نون والتى تختزل الى الهيدروكينون وتقوم هذه المركبات بأكسده الماء فى وجود الضوء والكلوروفيل وتصبح هذه المركبات نفسها مختزلة حيث تتحول ايونات الحديديك الى الحديدوز ويتأكسد الماء اى تحل هذه المركبات محل ك أ٢ والذى يعتبر مستقبل الأيدروچين فى عملية البناء الضوئى والنتائج التى تحصل عليها العالم Hill يمكن صياغتها فى المعادلة التالية :

٢ يد٢ ا + ٢ س ـــضوء/كلوروفيلــ> ٢ س يد٢ + ا٢ (س تمثل أى ماده مؤكسدة)

أو ٢ يد٢ ا + ٤ ح+++ ـــضوء/كلوروفيلــ> ا٢ + ٤ ح++ + ٤ يد+ (كما فى حالة مركبات الحديد)

ومن ذلك يتضح انه يتشابه عمل البلاستيدات الخضراء (كسر جزئى الماء) فى النباتات وفى البلاستيدات التى عزلت بواسطه العالم Hill ولكن يبقى أختلاف اساسى وجوهرى ان الايدروجين الناتج فى مثل هذه التجارب لم يستغل لاتمام عملية البناء الضوئى اى لم يستغل فى اختزال ك أ٢ كما هو حادث بالنباتات .

وقام فريق من الامريكان وعلى رأسهم العالم Arnon عام ١٩٥٢ بأثبات ان المرافق الأنزيمى ٢ Triphosphopyridine Nucleotide (TPN^+) phosphate والذى سمى فيها بعد Nicotinamide - adenine dinucleatide (NADP) او المرافق الانزيمى(DPN^+ أو) VAD^+ كما سمى فيما بعد) يقوم بعمل المواد المؤكسدة الذى استعملها Hill فى تجارية داخل النبات وأثناء عملية البناء الضوئى للكربوهيدرات وبذلك امكن معرفه مصير الايدروجين الناتج من تحلل الماء ضوئيا (اى الخطوات الوسطيه) قبل وصوله الى ثانى اكسيد الكربون اثناء الجزء الثانى من عملية البناء الضوئى اى تفاعل الظلام والذى يتم تثبيت ك أ٢ أثناءه وانتاج الكربوهيدرات .

وبذلك أمكن كتابه التفاعل الضوئى فى معادله مختصره كمايلى :ـ

$$2\ T\ PN^{++}\ 2\ H_2\ O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} TPNH_2 + O_2$$

وسيتضح فيما بعد ان مركبات $TpNH_2$ المختزلة هى التى تقوم بأختزال ك أ٢ أثناء تفاعلات الظلام (تثبيت ك أ٢) .

وقد قام العديد من العلماء بدراسة تفاعل الضوء تفصيليا لمعرفة الخطوات الوسيطة به ونواتجه اجمالا بجانب النواتج الأساسية وهى المرافقات الأنزيمية المختزلة وحديثا تم التعرف على ان البلاستيدات الخضراء ـ فى وجود الضوء ـ تستطيع القيام (بجانب انتاج المرافقات الانزيمية المختزلة السابقه) بعمليتى فسفرة ضوئيه يكون نتيجة اى منهما انتاج المركبات الفسفورية الغنية بالطاقه (ATP) ووجد ان أنتاج هذه المركبات الفسفورية يتوقف أيضا على وجود الضوء وتسمى العملية الأولى بالفسفره الضوئية الغير دائرية Noncyclic photophosphorylution وفيها يتم أنتاج مركبات ATP بالاضافة الى انتاج المرافقات الانزيمية المختزلة ($TPN\ H_2$) عند تعريض البلاستيدات الخضراء للضوء وينتج فى هذه الحالة كميات من الأكسجين

$$TPN + H_O + ADP + P_1 \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} TPNH_2 + ATP + \tfrac{1}{2}\,O_2$$

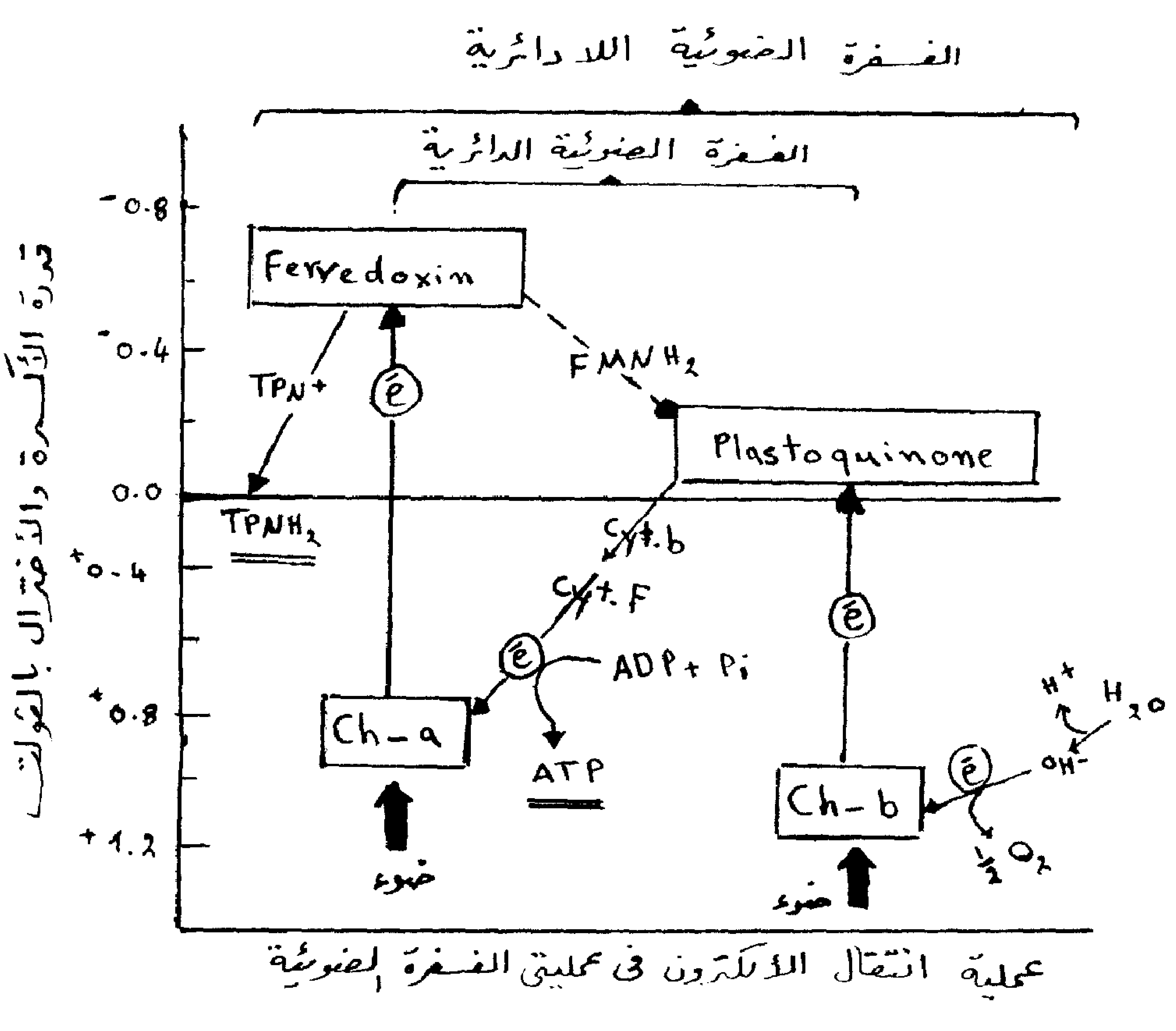
pi) ترمز للفسفور الغير عضوى الذى يتحد مع ADP ليكون ATP وقد أثبت Arnon أيضا ان البلاستيدات الخضراء يمكنها القيام بعملية فسفرة أخرى تعرف بعملية الفسفرة الضوئية الدائرية Cyclic Photophosphorylation ، ويتم فيها انتاج المركبات العضوية الفسفورية الغنية بالطاقه بدون انتاج المرافقات الأنزيمية المختزلة اى بدون كسر جزئى الماء وتكون النتيجة عدم تصاعد الأكسجين فى هذه الحالة .

$$ADP + Pi \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} ATP$$

وعلى ذلك يمكن القول ان عملية الفسفرة الضوئية اللادائرية هى أساس عملية البناء الضوئى فى النباتات الراقية مع امكانية حدوث الفسفرة الضوئية الدائرية جنبا الى جنب معها ، اما الفسفرة الدائرية فقد تحدث فى النباتات الأقل رقياً وتطوراً حيث ان هذه النباتات تستغل مركبات أختزالية أخرى غير الماء (مثل يد٢كب وغيرها) .

وكما هو موضح فى (الشكل٤٩) خط سير التفاعلات (الألكترونات) فى كلا من الفسفرة الضوئية اللادائرية والفسفرة الدائرية ان هناك العديد من المركبات الوسطيه التى تكتسب وتفقد الألكترونات (أى تختزل وتتأكد) الناتجة من جزئيات الكلوروفيل .

ويحدر الأشارة ان هناك تفاصيل أخرى غاية فى التعقيد لم توضح فى الرسم او لكونها لم يتم التأكد منها للأن وعموماً فان هذه الخطوات توضح ان كلوروفيل أ بعد تنشيطه بواسطة الطاقة الضوئية الواقعة علية يبدأ فى فقد أحد الألكترونات الذى ينتقل بدوره الى صبغه الفريدوكسين Ferredoxin والذى تنقله بدورها الى صبغة البلاستوكونيون plastoquinone بواسطة المساعد الأنزيمى $FMNH_2$ ثم يصل نفس الألكترون مرة أخرى الى كلورفيل أ بعد مروره على عديد من السيتوكرومات



(شكل ٤٩) خط سير الالكترونات فى الفسفره الضوئيه

(بروتينات) وأثناء مروره على هذه المركبات الأخيرة تتم عملية فسفرة أى إنتاج المركب الفسفورى ATP

هذه التفاعلات السابقة تمثل جزء من تفاعلات الفسفره الضوئية الغير دائرية والتى فيها يتم تأكسد الماء ضوئيا الى يدروجين (H^+) ومجموعة ايدروكسيل (OH^-) فى صورة متاينة وتقوم مجموعة الايدروكسيل (OH^-) باختزال كلوروفيل ب بنقل الألكترون اليه ويتصاعد غاز الأكسجين تبعا لذلك .

وعند تنشيط كلوروفيل ب بالضوء ترتفع القدرة الأختزالية له الى صفر فولت (كلما زادت الوحدات السالبه بالڤولت كلما دل ذلك على زيادة القدرة الأختزالية للمركب) مما يؤدى الى أختزال صبغه البلاستوكوتيون نتيجه اكتسابها للأكترون ثم تقوم هذه الصبغه بنقل الألكترون خلال السيتوكرومات الى كلوروفيل أ وعند اصطدام الضوء فى نفس اللحظه بكلوروفيل أ فإن ذلك يؤدى الى تنشيطه ورفع قدرته الأختزالية الى ٠,٤٢٣ فولت وبذلك يفقد الالكترون الى صبغة الفريدوكسين والتى بدورها تختزل وتقوم بنقل هذا الألكترون الى المرافق الأنزيمى TPN^+ والذى يختزل بدورة ويعتبر ناتج من نواتج هذه العملية والاخير ($TPNH_2$) يستغل فى تفاعل الظلام .

يلاحظ مايأتى :ـ

١ ـ يخرج من ChA الكترون يمر فى صبغتين ثم يعود نفسه الى ChA مرة آخرى ويتكون نتيجة لذلك ATP

٢ ـ يخرج من ChA الكترون آخر يستغل عن طريق صبغه Ferredoxin فى أختزال TPN الى $TPNH_2$ ويعوض ChA هذا الالكترون من ChB الذى يعوض هذا الالكترون عن طريق ايون OH^-

٣ ـ تتم هذه العمليات داخل البلاستيدات الخضراء وليس خارجها لان الصبغات Ferredoxin plastoquinon موجودة داخل البلاستيدات .

٤ ـ تتم العمليتان جنبا الى جنب فى النباتات الراقية وقد تتم الفسفره الدائرية فقط كما فى النباتات الغير راقيه وتسمى chemoautotrophic organismis حيث تقوم المركبات المختزلة مثل يد٢كب باعطاء الأيدروجين والالكترونات الى كلوروفيل أ مباشرة عن طريق البلاستوكونيون والستيركروم ـ وتحصل هذه المركبات على الطاقة باكسده المركبات المختزلة (يد٢كب) فى عملية البناء اليكماوى Chemosynthesis لانه ليس مهما هنا الضوء .

وعام ١٩٦٨ وجدان بعض الكائنات الحية الدقيقة تستطيع أختزال مركب DPN^+ عن طريق احماض عضوية مثل حمض الاسكوربيك والذى يتحول الى حمض داى هيدرواسكوبيك بفقد ذرتى ايدروجين .

Ascorbic acid $\xrightarrow{\text{كلوروفيل فقط}}$ Dihydroascorbicacid

DPN+ → DPNH2

تفاعل الظلام

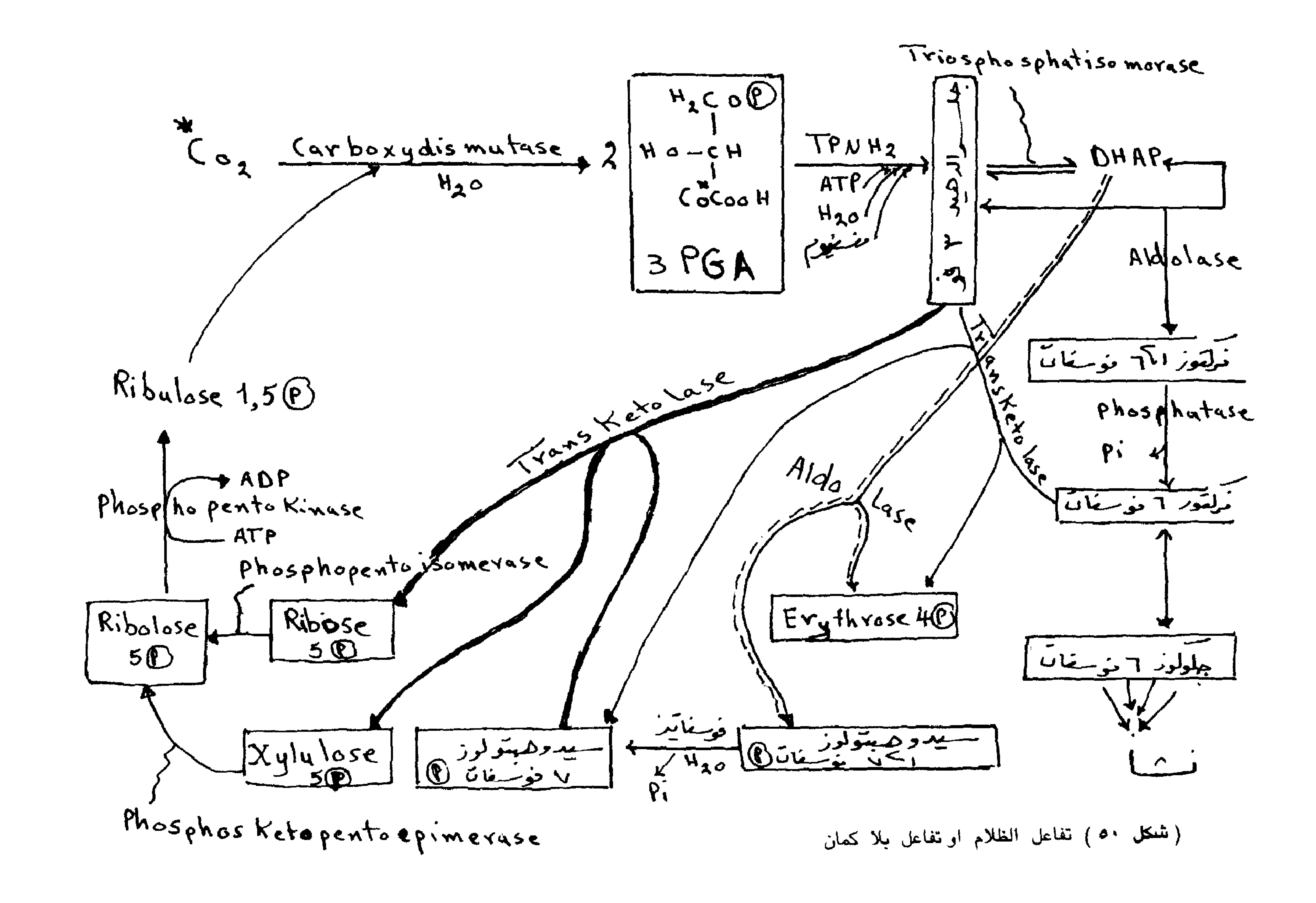
ويسمى تفاعل بلاكمان Blackman Reaction تفاعل تثبيت ك أ٢
التفاعل الكيماوى الحرارى Thermochemical Reaction
دورة بنسن وكالفن Calvin and Benson

وكما هو مبين فى (شكل) : يلاحظ الأتى :ـ

١ ـ يتم هنا اختزال ك أ٢ الى مركبات عضوية (بناء كيمائى انزيمى فقط لايعتمد على الضوء والكلوروفيل)
٢ ـ يتم أثناءها استغلال واستهلاك ما أنتج من التفاعل الضوئى DPNH, ATP
٣ ـ لايلزم الضوء ولكنه يعتبر عامل مساعد .
٤ ـ لوحظ ان اول ناتج عضوى من هذه العملية هو حمض الجلسريك المفسفر واول ناتج سكرى هو الجلوكوز والفركتوز واول ناتج مرئى بالعين هو النشا .
٥ ـ يتحكم فى التفاعلات هنا انزيمات مختلفة
٦ ـ يتم تحويل ك أ٢ المركب ذو الطاقه الضعيفة الى مركبات كربوهيدراتية ذات طاقه عالية وذلك عن طريق الحصول على الطاقة الناتجه من :
أ ـ تحول $ATP \rightarrow ADP + pi$ ب ـ تحول $DPNH_2 \rightarrow DPN^+$
٧ ـ تم لكالفن وفريق من العلماء التعرف على المركبات المختلفة والخطوط بواسطه استعمال
ك أ٢ مشع بجانب استخدام الفصل الكروما توجرافى للمركبات فى صورة نقيه .
٨ ـ وجدان هذا التفاعل ابطء بكثير جداً من تفاعل الضوء
٩ ـ تفاعل انزيمى اساساً وذلك فيؤثر فيه الحرارة .

وبالنظر الى الشكل السابق ، يمكن كتابة معادلة عامة للتفاعلات السابقه مع الأعتبار ان الناتج هو حمض الجلسريك المفسفر الثلاثى الكربون باستعمال ثلاثة جزئيات من ك أ٢ وبعض الجزئيات اللازمة من مركبات $TPNH_2$, ATP والناتجه من التفاعل الضوئى :

$$3CO_2 + 6TPNH_2 + 9\,ATP \rightarrow 1PGA + 6TPN^+ + 9ADP + 8pI$$



(شكل ٥٠) تفاعل الظلام او تفاعل بلا كمان

وذلك بغض النظر عن الجزئيات اللازمة من الماء لاتزان المعادلة واللازم أضافتها ضمن مواد التفاعل ، فاذا فرض ان الناتج النهائى لتفاعل الظلام هو السكر السداسى الكربون (الجلكوز مثلا) فيبقى ضرب طرفى المعادله × ٢ لانتاج هذا السكر .

أما عن عدد جزئيات $TPNH_2$ ATP المبينة بالمعادلة السابقه فإن تفسير ذلك راجع لان كل دورة من الثلاث دورات اللازمة لاختزال ٣ جزئيات ك أ٢ يستغل بها ٣ جزئيات ATP ، وجزيئين $TPNH_2$

الفرق بين تفاعل الضوء وتفاعل الظلام :-

١ - يعتمد تفاعل الضوء اساساً على الضوء بينما تفاعل الظلام لايعتمد على وجود الضوء .

٢ - تفاعل الضوء لاتؤثر فيه الحرارة بينما تفاعل الظلام تؤثر فيه الحرارة .

٣ - تفاعل الضوء يحدث فية أكسده للماء وتكون $DPNH_2$, ATP بينما تفاعل الظلام يحدث أختزال ك أ٢ واستغلال عدد ثلاث وحدات ATP ووحدتين $TPNH_2$فى الدورة الواحدة .

٤ - لابد فى تفاعل الضوء من وجود الكلوروفيل ، بينما تفاعل الظلام لايعتمد على وجود الكلوروفيل

٥ - تفاعل الضوء أسرع من تفاعل الظلام حوالى الف مرة ويستغرق ١٠٠٠٠ ومن الثانية بينما تفاعل الظلام ابطء من تفاعل الضوء ويستغرق ٢.و. من الثانية .

العوامل المؤثرة فى عملية البناء الضوئى

وتنقسم العوامل المؤثرة على عملية البناء الضوئى إلى قسمين هامين : هما عوامل خارجية وآخرى داخلية خاصه بالنبات نفسه .

اولاً العوامل الخارجية .

١ - الضوء :

من الواضح ان تأثير الضوء على عملية البناء الضوئى يتوقف على عاملين اساسين :
(أ) الكثافة الضوئية : يزيد معدل البناء الضوئى بزيادة الكثافة الضوئية الى حد معين يقل بعده معدل العملية وسبب ذلك هو أن الأكسدة الضوئية photo - oxodation لمركبات الخلية الحية يبتدأ فى العمل مما يؤدى الى استخدام أ٢ المتصاعد من البناء الضوئى فى اكسدة محتويات الخلية وتسمى هذه الظاهرة Soalarization

(ب) طول الموجه الضوئية : وفيه تزيد كفاءه العملية عند تعريض النبات لطول موجى ٤٤٦ ، ٦٥٠ m.μ

٢ ـ تركيز ك أ٢ :

يصل تركيز غاز ك أ٢ بالجو المحيط بالنبات الى ٠,٠٣ ٪ حجما لحجم وتعتبر عملية التنفس بالكائنات الحية من المصادر الرئيسية لهذا الغاز جنباً الى جنب مع بعض المصادر الأخرى كالمحيطات وغيرها من عوامل التحلل ونواتج الأحتراق وقد ثبت ان عملية البناء الضوئى تستمر فى الأسراع كلما ارتفع تركز ك أ٢ فى الجو الى ان يصل الى ٠,٥ ٪ ولكن لمدد معينة ومحدودة حيث ان استمرار هذا التركيز لمـدد تصل الى ١٠ ـ ١٥ يوماً يؤدى الى حدوث بعض الأضرار على النباتات .

٣ ـ درجة الحرارة :

على الرغم من أتساع المدى الحرارى الذى يتم عنده عملية البناء الصوئى الا انه يلاحظ أن أنسب درجات الحرارة بالنسبة لاغلب النباتات النامية بالإجواء المعتدلة مابين ١٠ الى ٣٥م ويلاحظ ان معدل سرعة عملية البناء الضوئى يستمر فى الارتفاع بارتفاع درجات الحرارة من ١٠م الى ٢٥م بالنسبة لأغلب النباتات اذا ماتوفرت كميات مناسبة من الطاقة الضوئية وثانى أكسيد الكربون .

وبارتفاع درجات الحرارة عن هذا المعدل ولمده طويلة يؤدى الى أنخفاض سرعه عملية البناء الضوئى ويرجع ذلك اساساً للتأثير الضار للحرارة المرتفعه . على برتوبلازم الخلايا الحية وخاصة الأنزيمات المتواجده بها .

٤ ـ الماء :

يعتبر الماء عامل غير محدد لعملية البناء الضوئى فى الظروف العادية رغم انه أحد مكونات مواد التفاعل اللازمة لعملية البناء الكربوهيدراتى وقد وجد ان الكمية اللازمه من الماء لأستمرار عملية البناء الضوئى تقدر بحوالى ١ ٪ فقط من جملة الماء الممتص بواسطة النبات .

٥ ـ الأكسجين :ـ

قد وجد ان زيادة تركيز الأكسجين يؤدى الى نقص فى معدل عملية البناء الضوئى حيث ان نسبة الأكسجين بالهواء الجوى (٢٠ ٪ تقريبا) تعتبر نسبه عالية فى حد ذاتها وأى نقص فى هذه النسبه يزيد من سرعة عملية التنفس ، ويبدو ان الأكسجين نفسه يعمل على اعاقه عملية التمثيل الضوئى اذا ماأرتفع تركيزه بالجو المحيط بالنبات .

٦ - تأثير بعض العناصر الغذائية :

النباتات جيده النمو يزداد بها معدل البناء الضوئى اذا ماقورنت بالنباتات الناميه فى بيئات فقيره او غير خصبة وعند نقص العناصر الغذائية يلاحظة قله معدل عملية البناء الضوئى نتيجة التأثير الضار المباشر لنقص هذه العناصر على عملية البناء الضوئى لكونها عوامل مساعدة لبعض الانزيمات الخاصة بتفاعل الظلام مثلا ، وقد يكون نقص العنصر مؤثرا على بناء الكلوروفيل نفسه كما فى حالة نقص الحديد او النتروجين او المغنسيوم وغيرها من العناصر مع ملاحظة ان الفوسفور يدخل كماده تفاعل اثناء تفاعل الظلام .

٨ - تأثير بعض الكيماويات :

مثل المثبطات والمنشطات لعملية البناء الضوئى ، وقد وجد ان بعض المواد مثل السيانيد والازيد وخلات الايدودسين تعمل كمعيقات لعملية البناء الضوئى ، كذلك وجد ان مادة Chlorophenyl Dimethyl Urea (CDU) تعـيق التحلل الضوئى للماء أثناء تفاعل الضوء .

وقد وجد ان اضافة تركيزات ضئيله من الفينازين الاحادى الكبريت (PMS) phenazine Meno - Sulphate يسرع كثيرا من التفاعل الضوئى لاختصاره لدورة الالكترون دون المرور بصبغه البلاستوكونيون .

(ثانيا) العوامل الداخلية

١ - العوامل الوراثية :

له تأثير كبير على البناء الضوئى ، حيث يصل تأثيرها الى انتاج بعض الطفرات النباتية الغير قادرة على تكوين الكلوروفيل او الى عدم تكوين البلاستيدات الخضراء .

٢ - التركيب التشريحى للاوراق :

الورقة من حيث حجمها ومكانها على النبات ووضع وعدد ونوع الثغور بها يؤثر على معدل التمثيل الضوئى كذلك سمك الأدمة وطبيعه البشره كما يؤثر تركيب الورقة على كمية ثانى اكسيد الكربون الذى يصل الى البلاستيدات الخضراء بهذه الأوراق .

٣ - نواتج البناء الضوئى :

يقل أى تفاعل من حيث السرعه عند تراكم نواتجه . وقد يتكون النشا فى خلايا الورقة نتيجة سرعه تراكم الجلوكوز بخلاياها وذلك لسرعه انتاجه عن معدل انتشارة خارج الخلايا التى تقوم بالبناء الضوئى ، وبذلك تتخلص هذه الخلايا من السكر

الزائد عن طريق تحويله الى مركبات غير نشطه مخزنه على صورة نشا .

٤ ـ تأثير البروتوبلازم :

درجة تبلل البروتوبلازم ومحتوياتة خاصة الأنزيمية والتى تتأثر تأثراً بالغا عند جفاف البروتوبلازم نسبيا ، كل ذلك يؤثر على سرعة علمية البناء الضوئى حيث ان نواتج عملية البناء الضوئى لابد من انتقالها من البلاستيدات الخضراء الى الميتوكوندريا حيث يتم احتراقها لانفراد الطاقه اللازمة لاستمرار الحياة بالخلية .

التنفس

Respiration

التنفس هو عملية اكسدة المركبات العضوية بالخلايا الحية وانتاج الطاقه وأبسط صور هذه الاكسدة هو اتحاد الأكسجين كيمياوياً مع المركبات العضوية المختلفة وقد تتم الأكسدة فى غير وجود الأكسجين عن طريق نزع ذرات ايدروچين او نزع الكترونات من المادة المراد أكسدتها وهذه العمليات ماهى الاصورة عكسية لعمليات الأختزال واختزان الطاقه كما سبق فى عملية البناء الضوئى .

وعملية التنفس تشتمل عادة على العديد من التفاعلات الكيمياوية الحيوية ورغم ذلك يمكن اعتبارها ككل عبارة عن أحتراق الوزن الجزئى لسكر الجلوكوز (١٨٠ جرام) عن طريق اتحاده بستة اوزان جزئية من جزئى الأكسجين (١٩٢ جرام) لتكوين ٦ اوزان جزئية للماء (١٠٨ جرام) بالاضافة لسته اوزان جزئية من ثانى اكسيد الكربون (٢٦٤ جرام) وأنتاج طاقة تقدر ب ٦٨٦,٠٠٠ سعراً

وذلك حسب المعادلة التالية :

٦ أ$_{٢}$ + ك$_{٦}$يد$_{١٢}$ أ$_{٦}$ ← ٦ ك أ$_{٢}$ + ٦يد$_{٢}$أ + ٦٨٦,٠٠٠ سعراً

وهذه المعادلة فى الواقع لاتوضح التفاعلات الوسيطة او النواتج الجانبية الأخرى المحتمل تكونها أثناء خطوات التنفس فعند قيام الخلية الحية بعملية التنفس يبدأ جزئى السكر اولا فى العديد من خطوات التحول الى ان يتم تجزئته او كسره وأثناء هذه الخطوات لايتدخل الأكسجين مطلقا فى التفاعلات بل يتم انفراد جزء ضئيل من الطاقه وتتكون بعض المركبات الوسطية وانفراد هذا الجزء من الطاقة ماهو الانتيجة عمليات اكسدة عن طريق نزع ذرات ايدروجين والكترونات من جزئى السكر ونواتج تحلله .

وقد امكن وضع النظريات الخاصة بسلسلة التفاعلات الكيمياوية التى يتضمنها هدم جز الجلوكوز فى عملية التنفس وتنقسم عملية التنفس عادة الى مرحلتين :ـ

أ ـ التنفس اللاهوائى :ـ

عبارة عن مجموعة من التفاعلات اللاهوائية تسمى اجمالا بعملية الجلكزه Glycolysis او التخمر الكحولى Alecholic Fermentation متوقفا على نوع الكائن الحى فقد وجد ان الكائنات المختلفة تختزن الجلوكوز على صورة مركبات مختلفة فالانسان مثلا يختزن هذا السكر على صورة polysaccharide وهى الجليكوجين glycogen فى حين ان النبات يختزنه على هيئة مركب يشابه الجليكوجين وهو النشا

Glucose —(1) ATP → ADP→ Glucose 6 phosphate ⇄(2) Fructose 6 phosphate —(3) ATP → ADP→

Glucose: H—C=O; H—C—OH; HO—C—H; H—C—OH; H—C—OH; CH_2OH

Glucose 6 phosphate: H—C=O; H—C—OH; HO—C—H; H—C—OH; H—C—OH; $CH_2O(P)$

Fructose 6 phosphate: CH_2OH; C=O; HO—C—H; H—C—OH; H—C—OH; $CH_2O(P)$

Fructose 1,6 diphosphate: $CH_2O(P)$; C=O; HO—C—H; H—C—OH; H—C—OH; $CH_2O(P)$

Fructose 1,6 diphosphate (Straight chain formula, indicating fission to triose phosphate)

(4) → Dihydroxyacetone phosphate: CH_2OP; CO; CH_2OH

(4) → Glyceraldehyde 3 phosphate: HCO; CHOH; $CH_2O(P)$

Dihydroxyacetone phosphate ⇄(5) Glyceraldehyde 3 phosphate

(6) 2NAD⁺ 2Pi → 2 NADH → 2 1,3 Diphosphoglyceric acid: COO(P); CHOH; $CH_2O(P)$

(7) 2ADP → 2ATP → 2 3 Phosphoglyceric acid: COOH; CHOH; $CH_2O(P)$

(8) ⇄ 2 2 Phosphoglyceric acid: COOH; CHO(P); CH_2OH

(9) → H_2O → 2 Phosphoenol pyruvic acid: COOH; CO(P); $\|$ CH_2

(10) 2ADP → 2ATP → 2 Pyruvic acid: COOH; CO; CH_3

(شكل ٥١) خطوات ومراحل

عمليه التخمر الكحولى والجلكزه

Starch ولحسن الحظ فإن التفاعلات فى كلا العمليتين متشابهة فيما عدا المراحل الاولى والأخيرة حيث تختلف مواد التفاعل والمواد الناتجة مع ملاحظة ان هاتين العمليتين تشيران الى التفاعلات اللاهوائية anaerobic فقط الخاصة بتحلل جزئى السكر .

ويمكن مناقشه التفاعلات المبينة (شكل ٥١ على النحو التالى :

١ - يفصل جزئى سكر جلوكوز من مركب النشا او الجليكوجين ويفسفر على الذره رقم بفسفور غير عضوى .

٢ - جلوكوز ١ فوسفات يتحول الى جلوكوز ٦ فوسفات وتحتاج فى هذه الحاله الى جزئى ATP حيث يتحول الى ADP

٣ - جلوكوز ٦ فوسفات يتحول الى فركتوز ٦ فوسفات

٤ - يفسفر فركتوز ٦ فوسفات على الذرة رقم ١ ويصبح فركتوز ١ - ٦ فوسفات وهذه الخطوه غير رجعية ويمكن تحول فركتوز ١ - ٦ فوسفات الى فركتوز ٦ فوسفات عن طريق تفاعل آخر .

٥ - ينكسر فركتوز ١ - ٦ فوسفات الى مركبين وسطين كل منهما يحتوى على ٣ ذرات كربون ومجموعة فوسفور ويتحول كل منها للاخر ونحصل فى النهاية على الجلسريد المفسفر والذى يتحول الى حامض ثانى الفسفور عن طريق أخذ ذرة فوسفور غير عضوى وبذلك يصبح مركب غنى بالطاقه

٦ - عند تحول الحامض الثنائى الفوسفور الى الأحادى الفوسفور يحدث تكون ATP

٧ - حامض البيروفيك يتكون بعد نزع الفوسفور من المركبات الوسطية ويتكون أيضا ATP ، يتم تحول حامض البيروفيك اما الى كحول وثانى اكسيد الكربون كما فى حالة الخميرة او الى حمض لاكتيك كما فى الحيوان والأنسان .

٨ - تنتج نتيجة هذه التفاعلات الغير هوائية كمية قليلة من الطاقه تصل الى ٢٤,٠٠٠ سعراً علما بأن جزئى السكر (الجلوكوز) به طاقه تقدر بحوالى ٦٨٦,٠٠٠ الف سعراً وهذه الطاقه الناتجة تكون مختزنه فى صوره جزئيات من ATP الغنية بالطاقة (ATP ← ADP + ٨,٠٠٠ سعر)

٩ - التفاعل الخاص بتحول الجلسر الدهيد الى حامض الجلسريك الثنائى الفسفور يمكن ايقافه عن طريق مادة مثبطه غير تنافسيه وهى خلات الايودين Iodoacetate حيث تبطل عمل انزيم الدهيدروجينيز .

١٠ - تعتبر كفاءه هذه العملية من ناحية انتاج الطاقه ٤٦ ٪ فقط حيث ان المفروض انتاجه هو ٥٢,٠٠٠ سعر .

وفى العادة لاتستطيع النباتات الراقية ان تعيش لمده طويله تحت ظروف لاهوائية أى فى غياب الأكسجين كالحيوان والأنسان .

ب ـ التنفس الهوائى :ـ

التنفس الهوائى أى فى وجود تركيزات مناسبة من الأكسجين هى الوسيلة الوحيدة لحصول النباتات او الكائنات الحية المختلفة على الطاقه اللازمة لها .

وقد تمكن العالم الأنجليزى Sir Hans Krebs من التعرف واقتراح الخطوات التى تتم والتى تؤدى الى أنفصال جميع ذرات الكربون على صورة ك أ٢ وقد سميت هذه الدورة تكريما لمكتشفها بدورة كربس Krebs وتعرف بدورة الأحماض ثلاثية الكربون . وقد منح هذا العالم جائزه نوبل فى علوم الطب عام ١٩٥٣ .

ويبين (شكل٣م) التفاعلات الخاصة بدورة الأحماض ثلاثية الكربون TCA . ويلاحظ فى هذه الدورة أن :ـ

١ ـ الدورة تبدأ بأكسده حامض البيروفيك الناتج أثناء خطوات عملية التنفس اللاهوائى

٢ ـ فى الدورة ثلاثه خطوات يكون نتيجتها نزع ٣ جزئيات من ثانى أكسيد الكربون أى يتحول كل جزئى من جزئيات حامض البيروفيك (١ جلوكوز ← بيروفيك) الى ك أ٢

٣ ـ الأكسدة تمت عن طريق نزع ذرات من الايدروجين بواسطه مركبات DPN^+ والتى تحول الى $DPNH_2$ أو FAD للتحول الى $FADH_2$ وقد تم نزع ٥ أزواج من ذرات الايدروجين فى الدورة الواحدة

٤ ـ ينتج من الدورة جزئى واحد من مركب غنى بالطاقة وهو GTP ويشابه المركب ATP بل ويتحول اليه فعلاً كما يتم استهلاك ٣ جزئيات من الماء خلال الدورة

٥ ـ هناك تفاعلين يسمان بتفاعل الربط link Reaction يتم خلالها ربط بعض المركبات مع بعضها عن طريق فقد او تثبيت ك أ٢ وللتفاعلين اهمية خاصه فى عملية التحول الغذائى .

٦ ـ لم يلعب الأكسجين الجوى أى دور فى أكسده المركبات وبذلك تعتبر هذه الدورة منتجه أساساً لغاز ثانى أكسيد الكربون عن طريق تحلل المركب الثلاثى الكربون الى مكوناته .

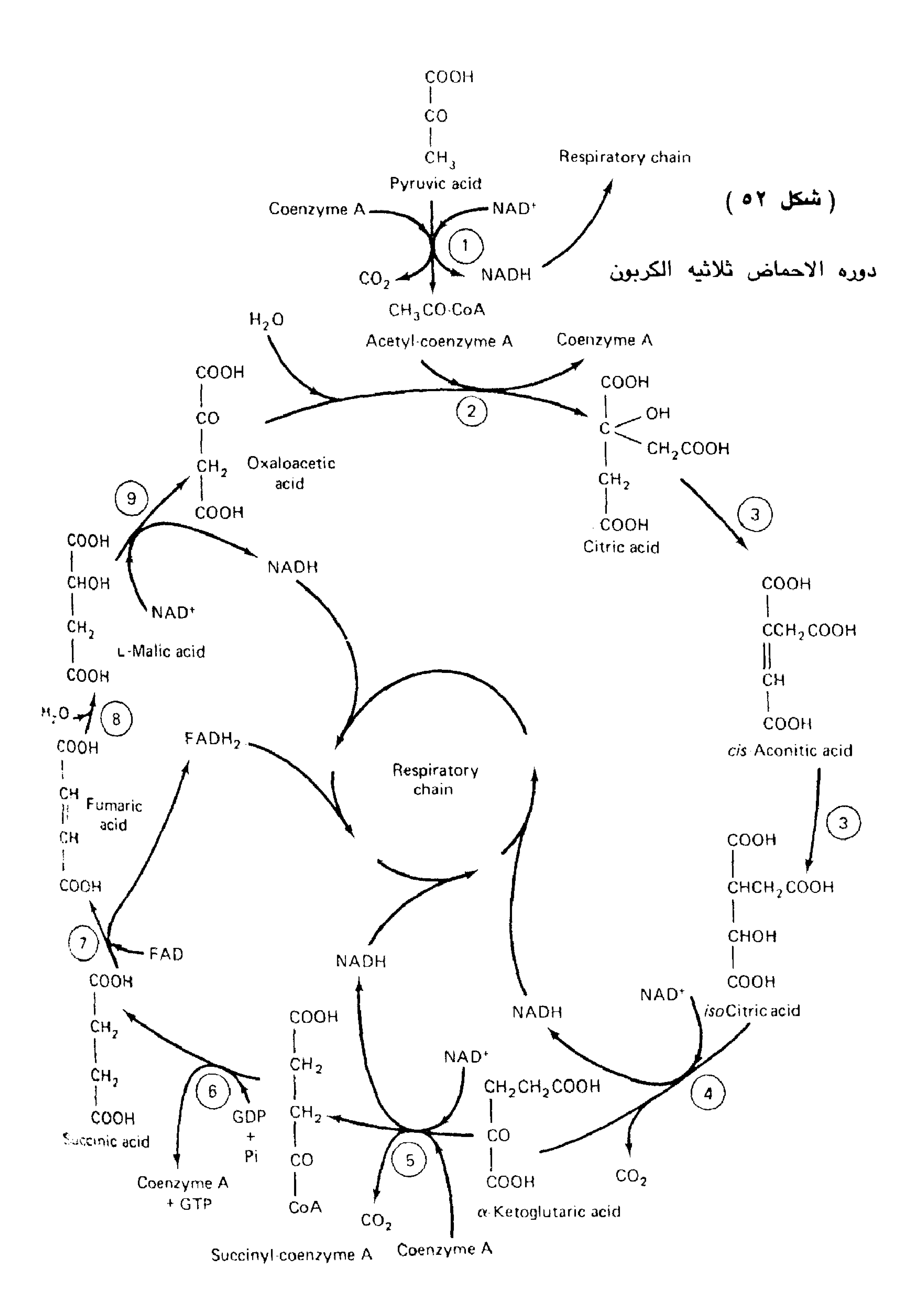
ويجب تقسيم الأكسده الهوائية الى جزئين رئيسين هما :

١ ـ دورة الأحماض الثلاثية الكربون TCA :

وهى تمثل انحلال حامض البيروفيك الثلاثى الكربون انحلالاً تدريجياً ، يكون

(شكل ٥٢)

دوره الاحماض ثلاثيه الكربون



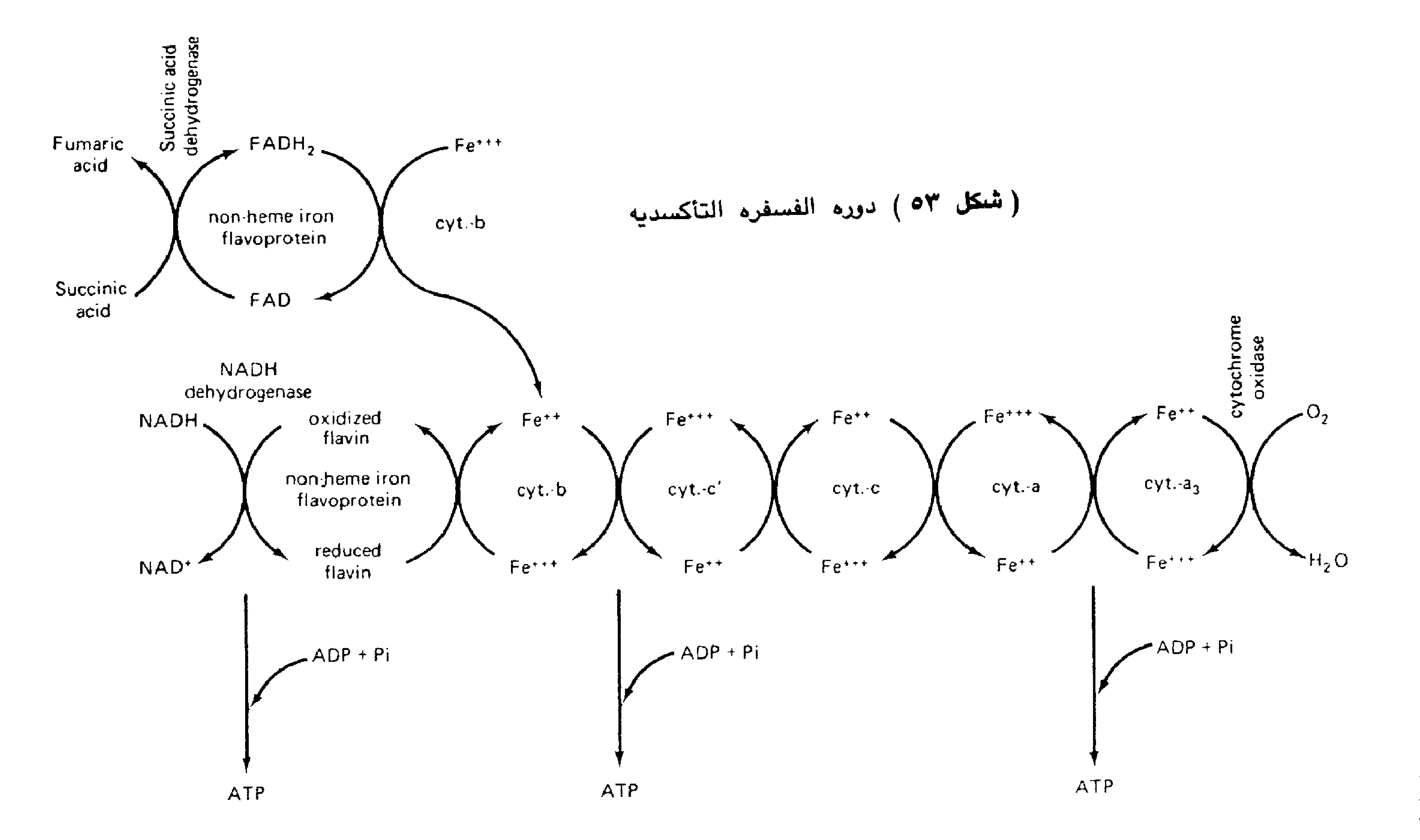
نتيجة تصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون ، ويتم نزع ذرات ايدروجين بواسطة المرافقات الأنزيمية ويستغل أثنائها بعض جزئيات الماء .

٢ ـ الأكسدة النهائية او الطرفية Terminal oxidation

يتم فيها انتاج جزئيات الماء وهى الناتج الثانى من نواتج عملية التنفس ، نتيجة اتحاد ذرات الايدروجين المحملة على المرافقات الانزيمية بأكسجين الجو وتعمل على اتمام هذه العملية عدة أنزيمات تسمى Terminal Oxidases .

وأهم انواع الانزيمات فى هذه العملية هو انزيم (cytochroma) ويعرف باسم Cytochrome Oxidasase والذى يعتبر الأنزيم الطرفى الأساسى فى كل من النباتات الراقية والحيوان والانسان اى يعتبر الانزيم النهائى بالنسبة لسلسلة من التفاعلات تسمى اجمالاً بعملية انتقال الالكترون Electron Transport System وقد وجد أثناء هذه العملية يتم أكسده المرافقات الأنزيمية المختزلة ويصاحبها انفراد طاقة فى صورتين مختزنة على هيئة مركبات ATP (حيث يتم انتاج ٣ جزئيات من هذا المركب فى الدورة الواحدة) ، وصورة أخرى منفردة على هيئة حرارة .

وتقدر الطاقه الاجمالية لدورة واحدة لأكسدة جزئى واحد من $DPNH_2$ بأنها ٥٢,٠٠٠ سعراً يختزن منها كميه تقدر ب ٢٤,٠٠٠ سعر (٣ جزئيات من $DPNH_2$) والباقى ينفرد على صورة حرارية وقد سميت هذه الدورة باسم الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation لكونها مرتبطه بانتاج مواد فوسفورية غنية بالطاقه (ATP) (شكل ٥٣)



(شكل ٥٣) دوره الفسفره التأكسديه

ويبين الشكل السابق سلسلة التفاعلات التى تنتهى بالانزيم الطرف السيتوكروم a_3 حيث انها التفاعلات الوحيدة القادرة على انتاج مركبات ATP أى انها الوحيدة القادرة على اختزان جزء من الطاقه الناتجه من أكسدة المرافقات الأنزيمية ، كما يتبين أيضا ان الايدروجين والألكترونات يتم نقلها عبر سلسلة من التفاعلات الى مركبات السيتوكروم المختلفة ويكون الناتج هو الماء وتنفرد الطاقه فى صورة حرارية وفى صورة مختزنة على هيئة مركبات فسفورية هى الادنيوسين الثلاثى الفوسفور حيث يتم انتاج ثلاثة جزئيات من ATP

حساب الطاقه :ـ

يمكن مبدئياً حساب الطاقه المنفردة من جزئى الجلوكوز أثناء تأكسده أكسده كاملة على النحو الأتى :ـ

١ ـ فى عملية التنفس اللاهوائى تنتهى بانتاج حامض البيروفيك ، حيث يتم انتاج ٢ ، ١ ، ٣ جزئيات من الادنيوسين الثلاثى الفوسفات ATP تقدر الطاقه بها ب ١٦,٠٠٠ سعراً (٢ × ٨,٠٠٠ سعراً)

٢ ـ يتم انتاج ٢ من المرافقات الأنزيمية $TPNH_2$ اثناء التنفس اللاهوائى أيضا .

٣ ـ يتم أنتاج ٢ من مركبات (GTP) = (2 ATP)أثناء دورتين من دورات كربس تقدر الطاقه بهما ١٦,٠٠٠ سعراً (٢ × ٨٠٠٠) .

٤ ـ يتم أنتاج ١٠ جزئيات من المرافقات الأنزيمية $DPNH_2$ وغيرها أثناء دورتين من دورات كربسى أثناء التنفس الهوائى .

٥ ـ بذلك يكون العدد الأجمالى للمركبات الفوسفورية الغنية بالطاقة حوالى ٤ جزئيات بها طاقة تساوى ٤ × ٨,٠٠٠ سعر = ٣٢,٠٠٠ سعر ، وكذلك يوجد العدد الأجمالى للمرافقات الأنزيمية ١٢ جزئى

٦ ـ حيث ان دورة الأكسدة الطرفيه تقدر الطاقه الأجمالية لأكسده واحد جزئى من المرافقات الأنزيمية بحوالى ٥٢,٠٠٠ سعر بذلك تكون الطاقه الناتجة من عملية تساوى ١٢ جزئى مرافق انزيمى × ٥٢,٠٠٠ = ٦٢٤,٠٠٠ سعراً

٧ ـ بذلك يكون الطاقه الناتجه من اكسده جزئى جلوكوز أكسده كامله حوالى ٣٢,٠٠٠ + ٦٢٤,٠٠٠ = ٦٥٦,٠٠٠ سعر وبذلك وبمعرفة ان الجلوكوز به ٦٨٦,٠٠٠ سعر عند أحتراقه احتراق كاملا تكون كفاده عملية التنفس فى حدود

٦٥٦,٠٠٠ ÷ ٦٨٦,٠٠٠ = ٩٦ ٪ تقريباً

العوامل المؤثرة على عملية التنفس

١ - تركيز الأكسجين :

يلاحظ انه عند تقليل تركيز الأكسجين تدريجيا أى التحول من ظروف هوائية إلى ظروف لاهوائية يتناقص معدل التنفس تدريجياً الى ان يصل الى الحد الأدنى عند تركيز من الأكسجين يساوى ٥ ٪ تقريباً ، ثم باستمرار نقص الأكسجين يبدأ معدل التنفس فى الأرتفاع مرة أخرى وهذا التحول او التدرج فى سرعة عملية التنفس عند تركيز ٥ ٪ من الأكسجين قد سميت "لظاهرة باستير" Pasteur Efect وهذه الظاهرة تم التعرف عليها من زمن بنباتات الخميره والأنسجة الحيوانية .

ومن الواضح ان زيادة تركيز الأكسجين الى ١٢ ٪ يزيد من سرعة عملية التنفس بدرجة ملحوظة ثم يقل تأثير الأكسجين او يصبح ساماً اذ زاد عن ذلك كثيراً بل قد يقتل النسيج النباتى تماماً .

وعموماً لايعتبر الأكسجين عاملا محدداً للتنفس تحت الظروف الطبيعيه ، حيث ان تركيزه بالجو يعتبر كافيا جدا للتنفس الهوائى وهو ثابت الى حد ما الأجزاء النباتية بالتربة او كائنات التربة فقد تتأثر نتيجة لقله الأكسجين اذا كانت التربة سيئة التهوية لثقلها او لغمرها بالماء .

٢ - الحرارة :

عموماً يمكن القول ان زيادة الحرارة (فى حدود معينة) يزيد من سرعة عملية التنفس بدرجة ملحوظة . هذا ولابد من عدم اغفال ان المدة المتعرض لها النسيج النباتى للحرارة يعتبر عاملاً هاماً فى تحديد درجة التأثير على معدل تنفس هذا النسيج .

٣ - تركيز ونوع المواد الذائبه :

توفر المواد الغذائية بصورة ذائبة بخلايا النبات يؤدى الى زيادة معدلات التنفس بأعتبار أن بقيه العوامل الأخرى تسمح بهذه الزيادة .

٤ - تركيز ثانى أكسيد الكربون :-

زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون (عند انخفاض درجة الحرارة او أثناء الليل مثلاً) بالأنسجة النباتية ، يعيق عمليات او تفاعلات التنفس سواء كانت تخمر كحولى او تنفس هوائى .

فزياده تركيز ثانى أكسيد الكربون بالخلايا يقل او يبطل عمل الأنزيمات الخاصة بنزع جزئيات ثانى أكسيد الكربون من المركبات الكربوهيدراتية وغيرها -Decar

boxylases كذلك فان زيادة تركيز ك أ٢ يؤدى الى ارتفاع الحموضة بالعصير الخلوى وسيتوبلازم الخلية مما له ابلغ الأثر فى التفاعلات الأنزيمية المختلفة .

٥ ـ الضوء :

يعتبر من العوامل المؤثرة تأثيرا مباشراً او غير مباشراً على عملية التنفس ، وأغلب الظن أن الضوء يشجع عمليات الأكسدة والأختزال بالتأكسد الطرفى عن طريق تأثيره على صبغات السيتوكروم المختلفة . اما تأثيره غير المباشر على عملية التنفس فانه يزيد حرارة الأنسجة مما يؤدى الى زيادة سرعة عملية التنفس .

٦ ـ درجة تبلل الأنسجه :

كلما ارتفعت درجة رطوبه الأنسجة كلما ارتفع معدل التنفس عادة ويرجع ذلك لزيادة أحتياج الأنزيمات الى محتويات مائيه مرتفعه لان الماء هو وسط التفاعل او المذيب الذى يتم به هذه التفاعلات الحيوية بالأنسجه .

كذلك فان قلة الرطوبة تؤثر على درجة نفاذية الأغشية البلازميه للغازات مثل أ٢ ، ك أ٢ وبالتالى فإن نقص أ٢ سيكون عاملا محدداً فى حين ان زيادة تركيز ك أ٢ ستصبح عاملاً ضاراً ومعيقا لعملية التنفس .

٧ ـ درجة تبلل السيتوبلازم :

تركز انزيمات التنفس وخاصة المسئوله على التنفس اللاهوائى بحاله ذائبة بالسيتوبلازم ، ويلزم لعملها درجات عالية من التبلل خاصة بالخلايا المرستمية النشطه والمحتوية على نسبه عالية من السيتوبلازم النشط المتميز بحركته الأنسيابية السريعه .

المواد الكيمياوية :

بعض المواد الكيمياوية لها تأثيرات واضحة على معدل التنفس وعلى نوع التنفس الذى يتم بالنسيج النباتى .

فقد وجد ان هناك بعض المعيقات مثل النيتروفينول الثنائى DNP وتسمى بالمعيقات الفاصلة Uncouplers حيث تقوم بفصل وايقاف عملية الفسفرة الهوائية عن عملية الأكسده الطرفية ، وبالتالى لايستطيع الكائن الحى تخزين أى من الطاقة اللازمه لعملياته الحيوية الاخرى .

كذلك وجد ان مواد الازيد والسيانيد الشديده السمية فهى توقف عمل انزيمات الأكسدة الطرفية نهائياً ، وبذلك لايتمكن الكائن الحى من استعمال الأكسجين فى

التنفس وبالتالى لايتمكن من انتاج الطاقه .

٦ ـ تاثيرات مكيانيكية :

بعض التأثيرات الميكانيكية كالتواء الاوراق او الافرع عند شده الرياح مثلا تؤدى الى ارتفاع ملحوظ فى معدلات التنفس ويرجع ذلك الى زيادة الطاقه اللازمة للنبات لمقاومة هذه العوامل الخارجية المؤثرة على استمرارة فى النمو .

الزهرة TheFlower

تعتبر الزهرة فرعا قصيرا متحورا ، يحمل اوراقا تؤدى وظيفة خاصة هى التكاثر الجنسى . وهذه الساق لا تقسم بسلاميات واضحة . والزهرة لا يوجد بها النمو المفتوح غير المحدود المميز للساق الخضرية حيث يتوقف النسيج الانشائى القمى عن النشاط بعد نشأه المحيطات الزهرية على محورها الذى يسمى التخت Receptacle . وهذه الظاهرة تبدو واضحة فى النباتات الراقية عن الاوليه .

تخرج الازهار من ابط ورقه تسمى قنابة Bract وتختلف فى الشكل واللون من نبات الى آخر ، وقد تحمل الزهرة على عنق pediece وقد لا يكون لها فتكون جالسة sessile . كما قد يوجد على عنق الزهرة اوراقا صغيرة تعرف بالقنيبات Bracteoles عادة ماتكون قنيبات

وتنقسم المحيطات الزهرية الى محيطات اساسية وهى الطلع Androcium والمتاع Gynoecium ومحيطات زهرية ثانوية هى الكأس Calyx والتويج Corolla

واذا امكن عمل قطاع طولى مارا بمركز الزهرة وقسمت الزهرة الى نصفين متشابهين متماثلين سميت زهرة متماثلة Symnelical وللتماثل نوعان اما ان تكون الزهرة وحيدة التناظر Zogomorphic حيث يكون التماثل فى مستوى واحد فقط كما فى البسله وحنك السبع والفول والبانسيه . او تكون متعددة التناظر Actinomor-phic حي تتشابه كل المحيطات فى اجزائها بعد الانقسام مثل العليق والورد . اما اذا لم تتماثل فتسمى زهرة غير متماثلة Assymmetrical كما فى زهرة الكانا .

الكأس والتويج :

وهما محيطان عقيمان يطلق عليهما الغلاف الزهرى Prianth ويوجد الكأس الى الخارج فى مستوى اسفل من التويج — Corolla ووحدات الكأس تسمى سبلات Sepals ذات لون اخضر .. وظيفته الحماية ، حيث ان وحداته تتميز بالسمك والمتانة .. وقد تلتحم تلك السبلات مع بعضها كما فى زهرة البسلة (ملتحمة السبلات gamosepalous) او تكون منفصلة السبلات Polysepalous كما فى زهرة الكرنب واذا سقطت السبلات عند تفتح الزهرة عرف بالكأس المتساقط deciduous كما فى زهرة الخشاش .papaver spp او تظل باقية بعد التفتح وتكوين الثمرة ويعرف بالكأس المستديمة Persistent كما فى العائلة الباذنجانية Solanacae وقد ينمو مع

الثمرة ويتخشب كما فى الرمان.وللكأس عدة اشكال منها الانبوبى Tubular او على شكل مهماز Spur حيث يتجمع فيه الرحيق كما فى العايق Delphinium او يكون ذو شفتين كما فى السلفيا Salvia او كل هيئة زغب كما فى عباد الشمس او تكون السبلات دقيقة جداً او منعدمة كما فى ازهار العائلة الخيمية Umbelliferae وقد يوجد محيط آخر خارج الكأس يطلق عليه تحت الكأس epicalyx كما فى زهرة القطن والفراولة .

اما التويج فهو يلى الكأس وتعرف وحداته بالبتلات Petals وتقوم بجذب الحشرات بالاضافة الى حماية الاعضاء الاساسية وتتميز بوجود الوان جذابة غالبا ، ويرجع اللون فى البتلات الى الصبغات الذائبة او الموجودة فى داخل البلاستيدات او كلاهما . والصبغات الذائبة هى غالبا صبغة الانثوسيانين المسببة للون الاحمر والازرق والبنفسجى كالموجودة فى البنفسج والسوسن الازرق ، ويرجع تغير اللون عند التقدم فى العمر الى تغير درجة الحموضة داخل الخلية ، اما الصبغات الموجودة فى البلاستيدات فهى الكاروتين وتسبب ظهور الالوان الاصفر والبرتقالى والاحمر .. وقد يكون التويج ملونا باللون الاخضر .. وقد لا يوجد كما فى ازهار بعض انواع العائلة الشقيقية .

وللبتلات اشكالا مختلفة فمنها الانبوبى كما فى الازهار التى تتوسط زهرة عباد الشمس ، والشعاعى فى الازهار الخارجية من نفس النوره . ومنها القمعى كما فى زهرة البتونيا Petunia . والمستدير المفلطح كما فى زهرة الطماطم وقد يكون للتويج شفتان كما فى السلفيا او تأخذ شكلا متعامدا صليبيا كما فى العائلة الصليبية .

المحيطات الاساسية :

وهى الطلع والمتاع حيث يوجد الطلع ٍ Gunoecium والمتاع الى الداخل واذا وجدا فى زهرة وكانا فى حاله خصبة كانت الزهرة خنثى Hermaphrodite or Bisexual . اما اذا وجد احدهما فتعرف بوحيدة الجنس Unisexual وقد تكون طلعية اى مذكرة فى حالة وجود اسدية فقط او كربلية اى مؤنثة فى حالة غياب الطلع .

واذا وجدت الازهار المذكرة والمؤنثة كل منهما على نبات واحد كما فى الذرة . سمى النبات احادى المسكن Monoecious . اما اذا وجدت الازهار المؤنثة على نبات والمذكرة على نبات آخر سمى النبات ثنائى المسكن Dioecious كما فى نخيل البلح .. وان لم يكن للزهرة اعضاء تناسل خصبة فهى عقيمة Sterile .

١ ــ الطلع :

يتم فيه تكوين حبوب اللقاح التى تحتوى على انوية ذكرية . ويتكون الطلع من اسدية Stamens تتكون بدورها من خيط رفيع Filament – يحمل فى قمته المتك

Anther .. والمتك هو مكان انتاج حبوب اللقاح المعروفه بالجراثيم المذكرة Microspores . ويكون عدد الاسدية غالبا من ٤ – ١٠ ويتفق ذلك مع عدد البتلات والسبلات غالبا .. وقد يتضاعف .

وقد تلتحم بعض الاجزاء مع بعضها فتكون سائبه الخيوط والمتوك او ملتحمة الخيوط سائبة المتوك او ملتحمة المتوك سائبة الخيوط .

وخيط السداة من الناحية المورفولوجية هو عنق الورقة السدائية وهو مختلف فى الشكل والطول ويختلف مكان اتصال المتك بالسداة فقد يكون الاتصال من الخلف ويعرف بالاتصال الظهرى او يكون الاتصال من القاعدة او يكون متحركا نتيجة الاتصال فى نقطة واحدة .

والمتوك غالبا سائبة الا انها قد تلتحم مكونة انبوبة وتوجد منطقة عقيمة فى منتصف المتك تعرف بالموصل Connective يتم عن طريقها الاتصال بالخيط وتخترقها الحزم الوعائية التى تسير فى الخيط ليتم توصيل المواد الغذائية اللازمة لنضج حبوب اللقاح .

والمتك عادة ذو فصين بكل منهما حجرتين نتيجة لوجود حاجز فاصل واذا غاب هذا الحاجز اصبح فى كل فص حجرة واحدة . ويوجد على الجانب الداخلى للمتك مجرى عميق كما يوجد مجرى اقل عمقا على طول كل من جانبى كل فص حيث ينفتح المتك غالب من هذين المجريين الجانبين يفتح المتك بشق مشترك يحدث بين حجرتى الفص ولا تعتبر بشرة المتك مسؤله عن هذه العملية – بعكس طبقة تحت البشرة والتى تسمى بالطبقة الليفية وهى مكونة من جدر سميكة داخليا ، اما الجدار الخارجى فهو رقيق ، وعند نضج المتك وجفاف خلاياه تنكمش الخلايا الليفية ويؤثر ذلك على الجدر الخارجية الرقيقة اكثر من الجدر الداخلية ، مما يؤدى الى انشقاق كل من فصى المتك من مكان الانفتاح . حيث تكون جميع الخلايا ذات جدر رقيقة .

وتخرج حبوب اللقاح وهى اجسام صغيرة كروية الشكل او بيضية او مفلطحة . تظهر على شكل مسحوق مختلف الالوان باختلاف النباتات .

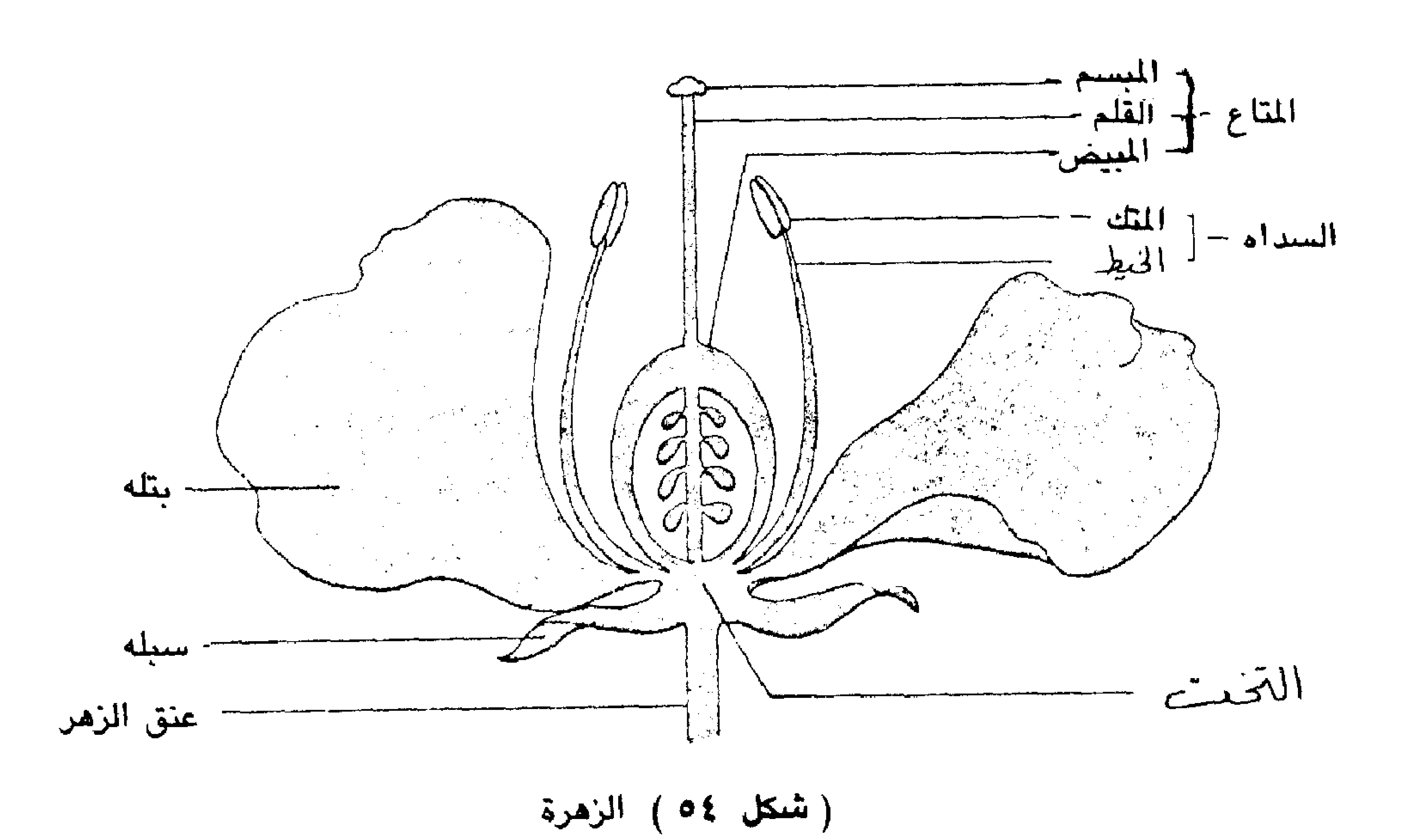
٢ - المتاع : Gynoecium

يوجد المتاع فى مركز الزهرة . وهو عضو التأنيث تتكون بداخله الانوية الانثويه ويتركب من عدد من الاوراق المتحورة تعرف الواحدة منها باسم كربله Carpel . هذه الورقة التفت الحافتان والتحمتا لتكون فى الجزء السفلى منها المبيض Ovary وفى الجزء العلوى جزء مستطيل يعرف بالقلم Style ينتهى هذا الجزء بانتفاخ يتخذ

اشكالا متعددة كالشكل المفلطح والكروى والريشى يطلق عليه اسم الميسم Stigma واحيانا قد لايوجد القلم فيتصل الميسم بالمبيض .

ويحتل المتاع مركز الزهرة فاذا كانت الاجزاء الاخرى اسفله والمتاع علوى سميت الزهرة سفلية .. واذا كان التخت مقعرا والمبيض بداخله ويتحد بالجدار وتخرج اجزاء الزهرة الاخرى من قمة التخت سميت الزهرة علوية والمتاع سفلى كما فى التفاح والقرع . والحالة الثالثة ان يكون التخت مسطح او مقعرا كأسيا والمبيض فى الوسط والأجزاء الاخرى حوله سميت الزهرة محيطية كالورد والمشمش .

ويتركب المتاع من كربله واحدة او عده كرابل منفصلة ويسمى فى هذه الحالة متاعا بسيطا simple pistil ومن امثله النباتات ذات الكربلة الواحدة المشمش والعائلة الفراشية .. ومن نباتات سائبه الكرابل Apocarpous الورد - الفراوله - نخيل البلح - شقائق النعمان . وقد يكون المتاع مكونا من عديد من الكرابل الملتحمة Syncarpus ويطلق عليه ملتحم الكرابل او المراكب compund وتختلف النباتات فى مواضع التحام الكرابل فمنها مايكون الالتحام فى جميع الاجزاء كما فى العائلة الصليبية او يكون الالتحام فى الاقلام والمياسم كالونكه ، او يكون الالتحام فى المبايض والاقلام دون المياسم كما فى حنك السبع والعائلة السوسنية او يكون الالتحام فى المبايض فقط كما فى العائلة القرنفلية .. او لا يكون الا فى قواعد المبايض كما فى نبات السلفيا والسذب .



(شكل ٥٤) الزهرة

وفى حالة المتاع المركب قد ينقسم تجويف المبيض الى عدد من المساكن .. Loculi وهذا العدد يتساوى مع عدد الكرابل اذا كان الانقسام ناتج من حواجز حقيقية هى جوانب الكرابل كما فى العائلة الزنبقية ، اما اذا زاد عدد المساكن عن عدد الكرابل فانها تكون بوجود حواجز كاذبة ناتجة من نمو اجزاء جديدة من جدار المبيض الى الداخل كما فى ازهار العائلة الصليبية .

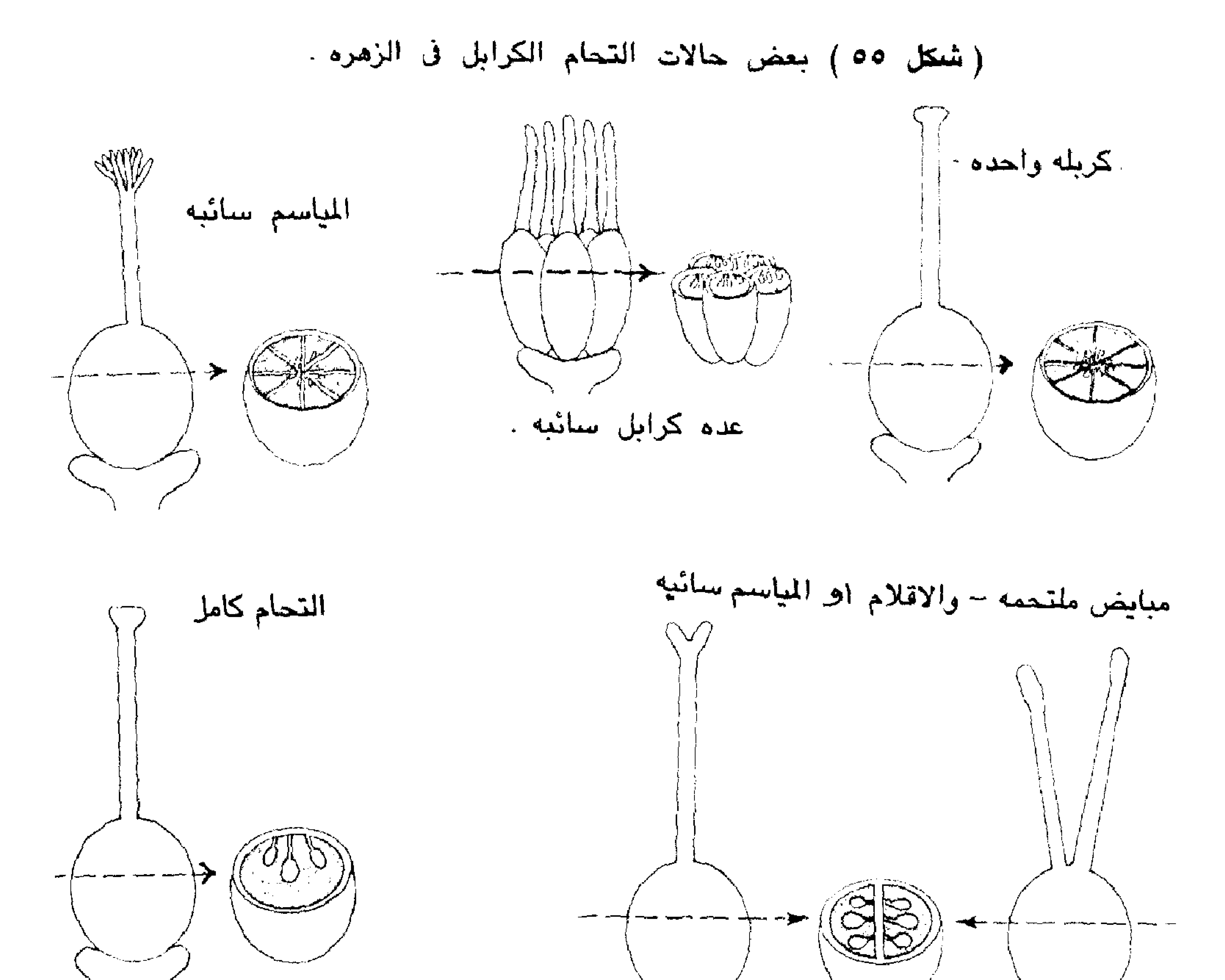
وعند التحام الحواف لتكوين المبيض يتكون خط يعرف بخط التدريز الامامى ، يوجد على طول نسيج حاف داخلى ناشىء من التفاف حافتى الكربله الى الداخل يعرف بالمشيمة Placenta ، وهى التى تحمل البويضات . وتتصل البويضة بنسيج المشيمة بخيط يعرف باسم الحبل السرى Funiculus . ومكان هذا الاتصال يعرف بالسره hilum . وغالب يكون عدد المشيمات مساو لعدد الكرابل . وتتصل البويضات بالمبيض بنظام ثابت فى النوع الواحد يعرف بالوضع المشيمى Placentation .. فقد تكون البويضات مرتبة فى صفوف على جدار المبيض او تظهر فى صفوف على المحور الناشىء من تلاقى الكربلتين ويعرف هذا الوضع بالمشيمى الجدارى Pasietal كما فى البانسيه والبنفسج . او يكون محوريا axile او مركزيا سائبا Free centralكما فى البرميولا Primula والرجلة والجبسوفيلا – او قاعديا Basal كما فى نخيل البلح وعباد الشمس والبنجر والسلق . او قمعيا Pendulus كما فى المشمش والقمح والتوت . او مركزيا Axile كما فى الموالح والبتونيا . او حافيا marginalكما فى البقوليات .

ويتكون المبيض تشريحيا من بشرة خارجية وبشرة داخلية متشابهتان تقريبا يفصل بينهما نسيج اساسى برانشيمى ، كما توجد حزمة وعائية رئيسية فى الناحية الظهرية للكربلة وحزمتان جانبيتان على حافتى الكربلة .

اما البويضة فتتكون من الكيس الجنينى Enbroyo sac يحيط به النيوسيله Nucellus وتحاط النيوسيله بأغلفة البويضة Integuments . وتتصل النيوسيله بخارج البويضة عن طريق النقير Micropyle ، وهو ثقب صغير فى الأغلفه ، وفى منطقة اندماج الاغلفة بالنيوسيله عند قاعدة البويضة يوجد مايعرف بالكلازا Chalaza .

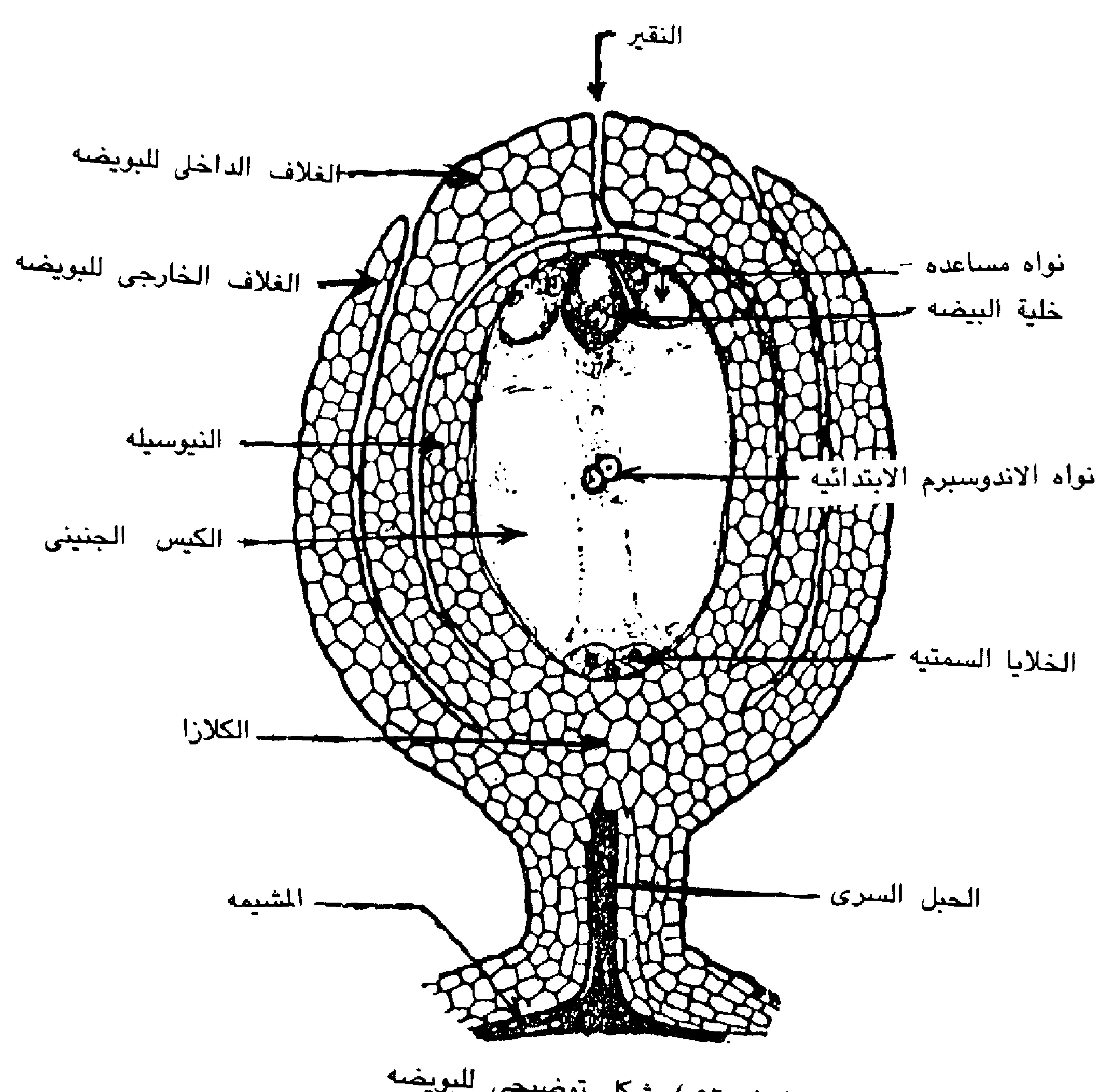
اما داخل الكيس الجنينى فيلاحظ وجود ثلاث انوية تعرف بجهاز البيضة Egg apparatus وذلك جهة الطرف النقيرى والثلاثة انوية هى خلية البيضة Egg cell ونواتان مساعدتان synergidae . كما توجد من الجهة الاخرى الطرف الكلازى ثلاثه انوية تعرف بالخلايا السمتية او القطبية Antipodal cells تحاط كل منها بسيتوبلازم وجدار خلوى .

(شكل ٥٥) بعض حالات التحام الكرابل فى الزهره .

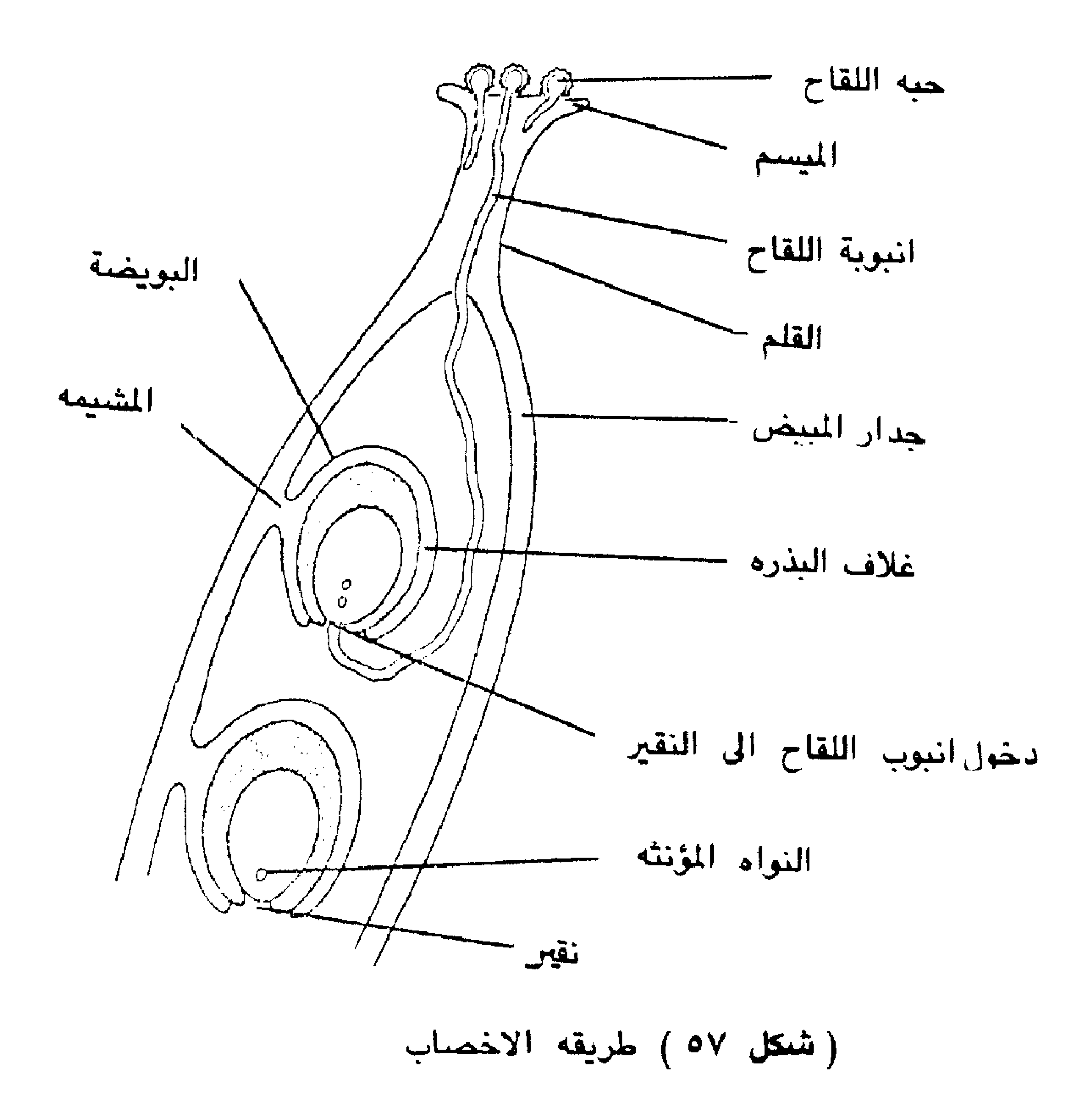


كما يوجد فى وسط الكيس الجنينى نواة الاندوسبرم الابتدائية . Primary endosperm nucleus والتى تعرف بنواة الكيس الجنينى وتتكون بدورها من نواتين يتحدان مع بعضهما قبل الاخصاب .

وتتخذ البويضة عدة اشكال تختلف فى موضع النقير وشكل الكيس الجنينى فاذا وقع الحبل السرى والكلازا والنقير على خط مستقيم واحد والنقير ابعد اجزاء البويضة عن المشيمة سميت البويضة المستقيمة Orthotropus واذا كان الغلاف الخارجى متحدا جزئيا مع الحبل السرى ويقع النقير على جانبى الحبل السرى مواجها للمشيمه . والكلازا ابعد اجزاء البويضة عن المشيمة والكيس الجنينى مستقيما سميت بالبويضة المنعكسة Snatrpous وهى الأكثر انتشارا وقد تأخذ اشكالا اخرى فتكون نصف منعكسة Hemitropous كما فى البرميولا وبعض افراد العائلة الباذنجية . او كلوية Campylotopous كما فى بعض افراد العائلة البقولية ، او منحنية Amphitropous او ملتفه Circinotropous كما فى التين الشوكى .



(شكل ٥٦) شكل توضيحى للبويضه



(**شكل ٥٧**) طريقه الاخصاب

النورات . The Imflorescence

توجد الزهرة اما فى حالة فردية فى نهاية الساق او فى ابط ورقة . او تتجمع وتخرج كل جزء من الساق وتعرف باسم النورة حيث تتكون من ساق يسمى محور النورة او الشمراخ يحمل الازهار وللنورات صوراً واشكالا مختلفة يمكن تقسيمها الى :

١ ـ نورات بسيطة :

وفيها يحمل الشمراخ الازهار مباشرة ويوجد منها الانواع :

أ - نورات بسيطة محدودة cymose

حيث ينتهى المحور الزهرى بزهرة ويقف عن النمو وتخرج الازهار الاخرى على محاور ثانوية ومنها :

١ - **وحيدة الشعبة Monochasium** : حيث تخرج المحاور احادية تحت كل زهرة

٢ - **ثنائية الشعب** Dichasium : وفيها تخرج المحاور ثنائية وكل اثنين يكونان متقابلان ومتساويان فى العدد .

٣ - **عديد الشعب Polychasium** : وفيها تتعدد المحاور وتكثر تحت كل زهره (الكافور)

ب - نورات بسيطة غير محدودة : Racemose

١ - **عنقودية Racemc** : وفيها تكون الازهار معنقة وعلى محور مستطيل كما فى نبات حنك السبع والمنتور

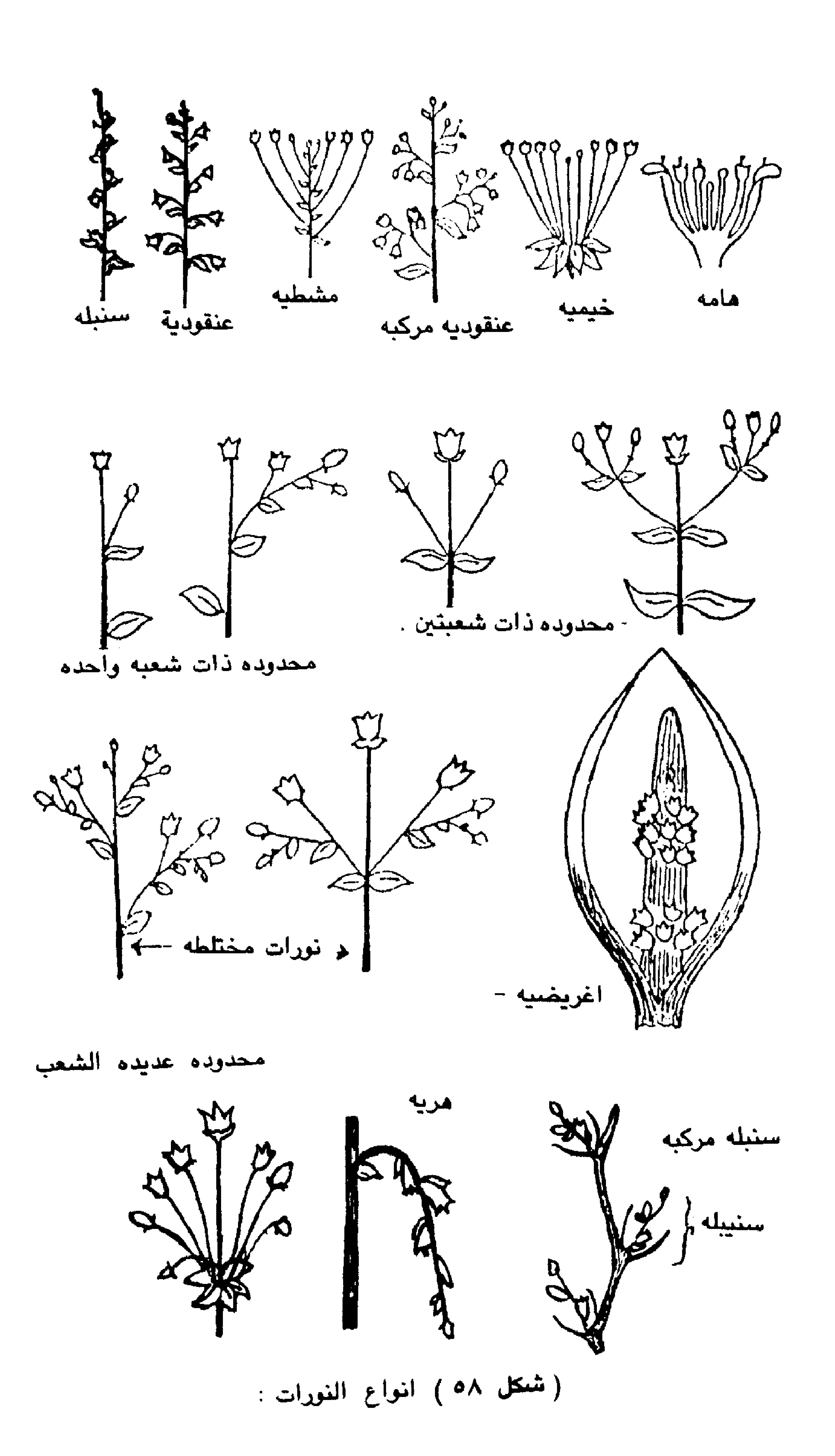
٢ ـ **مشطية Corymb** : وتكون الازهار ذات اطوال اعناق مختلفة حيث تقصر بالتدريج من اسفل الى اعلى وتنتظم الازهار فى مستوى واحد كما فى الايبرس Iberia

٣ - **خيمية : Umbel** وفيها يكون المحور قصير والاعناق متساوية وتبدو الازهار وكأنها خارجة من نقطة واحدة

٤ - **سنبلة Spike** : المحور مستطيل والازهار جالسه مثل لسان الحمل Plantago

٥ - **اغريضيه Spadix** : تشبه سابقتها الا ان المحور يكون متشحم وغليظ . والازهار وحيدة الجنس تغلفها قنابة كبيرة تعرف باسم القينوه Spathe . قد تكون ملونة كما فى القلقاس والكالا Calla . او خضراء كما فى نخيل البلح كما ان الاغريض فيه متفرع الى عدد من النورات السنبلية .

٦ - **الهامة Capitulum** : ويأخذ المحور اشكالا متعددة كالكروى او المقعر والمحدب والمفلطح . والازهار جالسة وتوجد الازهار الصغيرة للداخل . ويحيط بالنورة مجموعة القنابات تعرف بالقلافة . تبدو النورة كلها كزهرة واحدة كما فى العائلة المركبة حيث تكون من نوع واحد . اما فى عباد الشمس فهى من النوعين .



(شكل ٥٨) انواع النورات :

٧ - **الهرية Catkin** : تحمل ازهار وحيدة الجنس وهى تشبه النورة السنبله وتتدلى النورة من الساق وغالبا تكون القنابات حرشفية كما فى نورة الصفصاف .

(٢) نورات مركبة :

أ - محدودة :

١ - **احادية الشعبة** : كالكتان Linum

٢ - **ثنائية الشعبة** : كنبات جبسوفيلا وهى عادة مركبة من ثلاث نورات .

٣ - **متعددة الشعب** : مثل البيلسان

ب - غير محددة :

١ - **عنقودية مركبة** : مثل الرتم

٢ - **سنبلة مركبة** : القمح والشعير

٣ - **خيمية مركبة** : الكراويه .. والشمر واليNسون .

(٣) نورة مختلطة Mixed

حيث يكون المحور الاصلى غير محدود على حين تكون الفروع الجانبية محدودة . او العكس كما فى العنب . اما نورة البصل ، الخبازى الافرنجى فهى نورة مركبة محدودة احادية الشعبة التحمت محاورها فبدت مكتظة تشبه الخيميه .

التلقيح والاخصاب

ان الوظيفة الاساسية للزهور هى التكاثر .. وتبدأ اولى عمليات انتاج البذور بالتلقيح يعقبه الاخصاب

التلقيح : pollination

التلقيح هو نقل أو انتقال حبوب اللقاح (الجاميطات المذكرة داخل حبة اللقاح) من متك الأسدية الى مياسم المتاع ويتم باحدى صورتين .

(أ) التلقيح الذاتى : self pollination

ويتم بانتقال حبوب اللقاح من متك الزهرة الى مياسم نفس الزهرة والامثلة على ذلك كثيرة - العنب (معظم الأصناف) والخوخ (معظم الأصناف) والبرقوق (بعض الأصناف الاوروبية) واللوز والفراولة (معظم الأصناف) والموالح والطماطم والفلفل والباذنجان والفول وبسلة الأكل وبسلة الازهار .

(ب) التلقيح الخلطى : cross pollination

ويتم بانتقال حبوب اللقاح من متك زهرة الى مياسم زهرة أخرى على نبات آخر . والأمثلة على ذلك نجدها فى البيكان - الجوز - البندق - السبانخ - وهذه يتم التلقيح بالرياح .

أما فى التفاح والكمثرى والخوخ (قليل من الأصناف) والبرقوق (معظم الأصناف اليابانية والأمريكية) والكرنب والخس والبصل والجزر والخيار والقاوون والبطيخ والاستر والبنفسج والزينيا فيتم فيها التلقيح بالحشرات وكما لاحظنا اختلفت النباتات فى نوع التلقيح ويرجع السبب فى ذلك لاختلاف الظروف التى ترجح حدوث أحدهما عن الآخر ويرجع سبب حدوث التلقيح الذاتى فى الظروف الآتية :

١ - الأزهار الهوجامية Homogamous وهى الأزهار التى يتفتح فيها المتك مع نضج المياسم .

٢ - الأزهار المقفلة Cleistogamous وهى الأزهار التى تتفتح بعد انجاز التلقيح .

أما العوامل التى ترجح حدوث التلقيح الخلطى مايأتى :

(١) الأزهار وحيدة الجنس :

والتى منها نوعان ثنائية المنزل وهى التى تحمل أزهار كل نوع على نبات منفصل . والثانى أحادية المنزل التى تحمل أزهار النوعان على نبات واحد .

(٢) الأزهار الديكوجامية : Dichogamous

وهى التى لا ينضج فيها المتك والمياسم فى وقت واحد فاذا كانت مبكرة الطلع مثل جوز الهند وسميت Protandrous كما فى المركبة والخيمية والبقلية والشفوية حيث تلقح الزهرة من زهرة أخرى أحدث منها

أما اذا كانت مبكرة المتاع سميت Protognous حيث تتهيأ المياسم لاستقبال حبوب اللقاح قبل نضج متك الزهرة كما فى الكمثرى والتفاح ويتم تلقيح الزهرة من متك زهرة أكبر منها سنا .

(٣) العقم الذاتى : Self sterility

توجد هذه الحالة فى بعض النباتات كالحلويات حيث لايمكن لحبوب لقاح صنف ما أن تلقح أزهار نفس الصنف وذلك راجع لأسباب فسيولوجية ويعالج كما يحدث فى البرقوق بزراعة أكثر من صنف كملحقات للصنف الأصلى .

(٤) العيوب الميكانيكية :

فى بعض الأزهار الهوموجامية لا تحدث عملية التلقيح الذاتى لاختلاف نمو أعضاء المحيطات الأساسية فى الزهرة مما يسبب حدوث الظاهرتين الازدواج الشكلى Dimorphilm حيث تكون الأسدية طويلة والقلم قصير فى بعض الازهار والعكس فى البعض الآخر كما فى أزهار البرميولا .

(٥) التحورات الخاصة :

التى تحدث فى بعض الأزهار تجعلها صالحة للتلقيح بوسائل خاصة كالحشرات حيث لاتنجح زراعة التين الازمرلى مثلا الا فى مناطق توفر نوع معين من الزنابير يسمى Blastophaga

وسائل انتقال حبوب اللقاح :

(أ) التلقيح بالرياح : Anemopily

والمثل الواضح نخيل البلح . وكذلك فى أشجار الحلويات كالمشمش والبرقوق والخوخ

(ب) التلقيح بالانسان :

ويعرف بالتلقيح الصناعى الذى يجرى لأغراض اقتصادية كانتاج أصناف جديدة أو لزيادة الانتاج كما يحدث فى النخيل أيضا .

(ج) التلقيح بالحشرات : Entomophily

وتتميز أزهار هذا النوع بكبر حجمها وألوانها الزاهية ورائحتها العطرية وانتاجها لمادة سكرية تسمى الرحيق Nectar كما أن حبوب اللقاح عادة ما تكون كبيرة خشنة أو لزجة والمياسم صغيرة نسبيا يتكون بها عند النضج وسائل لزج تلتصق به حبوب اللقاح . ويحدث عادة فى الازهار ذات التلقيح الحشرى تحورات تكسبها أشكالا خاصة .

الاخصـــاب :

يتم التلقيح بانتقال حبوب اللقاح الى الميسم . ويبدأ نشاط الحبة بخروج جزء أنبوبى خيطى يسمى أنبوب اللقاح Tube Germain الذى ينبت من احدى ثقوب الانبات فى جدار حبة اللقاح ثم تنمو فى نسيج الميسم ومنه الى نسيج القلم فتخترقه متجهة نحو المبيض وتمر النواة الخضرية أولا تليها النواة الجنسية التى تنقسم الى نواتين جنسيتين .

وبمجرد وصول أنبوب اللقاح الى المبيض تتجه الى احدى البويضات حيث تخترق النيوسيلة حتى تصل الى الكيس الجنينى خلال احدى الخلايا المساعدة فتدمرها وتكون مجاورة لخلية البيضة وتنفجر قمة أنبوب اللقاح وتفرغ محتوياتها فى الكيس الجنينى وتختفى الخلية الخضرية ثم تندمج احدى الأنوية المذكرة مع نواة البيضة ويسمى ذلك الاتحاد اخصاب Fertilization ويعبر عن اتحاد النواتين المذكرة والمؤنثة بالاندماج zygote أما النواة الأخرى فتندمج مع النواة الثانوية المزدوجة ويسمى ذلك الاتحاد الثلاثى Triple Fusio وفى حالة حدوث عمليتى الاندماج والاتحاد الثلاثى يسمى ذلك بالاخصاب المزدوج Double Fertilization

تحدث داخل الكيس الجنينى عدة تغيرات هامة فتنشط نواة الاندوسبرم وتنقسم معطية أنوية عديدة تهاجر الى قرب الجدار الخارجى وتتكاثر لتكون نسيج الاندوسبرم ويكبر الكيس الجنينى فى الحجم على حساب ضمور نسيج النيوسيلة الذى يحيط بالكيس الجنينى من الخارج

ينشط الزيجوت ويكون جزءا كرويا يسمى الجنين الأول proembryo الذى يتصل بجدار الكيس الجنينى صف واحد من الخلايا يسمى المعلق suspensor تتكاثر خلايا الجنين ويبدأ تكشفها الى محور وأوراق فلقية (واحدة أو اثنين) ويظهر بالمحور الجذير (الذى تتصل قمته بالمعلق) ويليه السويقة التى تنتهى من أعلى بالريشة وتكون جميعا من خلايا مرستيمية .

وتختلف الأجنة فى نشاطها فقد تنمو الفلقات وتمتص نسيج الاندوسبرم ويصبح غذاء الجنين مخزنا فى الفلقتين (بذرة لااندوسبرمية) أو تنمو بدرجة ضئيلة وتصبح وريقة رقيقة ويظل غذاء الجنين مخزنا فى نسيج الاندوسبرم الذى يحيط بالجنين (بذرة اندوسبرمية) .

الأجنة الخضرية :

يتكون الجنين عادة نتيجة اخصاب الجاميطة المؤنثة بالجاميطة المذكرة ويعرف ذلك النوع من التكار بالتكاثر التزاوجى .

وفى الموالح وبعض أصناف المانجو يتكون الجنين التزاوجى ولكن تنشط معه خلايا النيوسيلة المجاورة للكيس الجنينى وتعطى أجنة عرضية داخل البذرة وتعرف هذه الحالة بتعدد الأجنة . polyembryony او قد تتبرعم بعض خلايا الجنين الاصلية .

The Fruit الثمرة

الثمرة فى نباتات مغطاة البذور تمثل المبيض الناضج بعد تحول جداره الى الغلاف الثمرى pericarp ويمكن تعريف الثمرة بانها ناتج المتاع بعد نضجه ، حيث ان الاقلام والمياسم قد تأخذ دورا فى تكوين الثمرة بالاضافة الى المبيض ، كما ان بعض الاعضاء قد تشترك ايضا فى تكوين بعض الثمار .

والبذور عبارة عن البيضة المخصبة الناضجة بعد نمو الزيجوت وتكشفه الى جنين . وتحتوى الثمرة على بذرة واحدة او عدة بذور .

اما الحبة فى الغلال والنجيليات فهى بذوراً ومن الناحية التشريحية ثمارا حقيقية بسيطة جافة لها غلاف ثمرى pericarp رقيق يحيط بالبذرة ، وقد التحمت قصرة البذرة التحاما تاما بجدار الثمرة .

وقد يحدث تكوين الثمرة مع عدم حدوث عمليات تلقيح واخصاب ويسمى توالد بكرى او عقد بكرى وتكون الثمار الناتجة بدون بذور كالبرتقال ابو سرة والموز .

ووظيفة الثمرة المحافظة على البذور ومدها بالغذاء حتى يتم نموها ثم مساعدتها على الانتشار لحفظ النوع وينشأ عن اختلاف تركيب الازهار اختلاف فى تركيب الثمار ولا تنحصر الاختلافات فى المبيض بل تشمل الاجزاء الاخرى . وتنقسم انواع الثمار تبعا للمنشأ او تكوينها الى ثمار حقيقية True Fruite وهى التى تنمو فيها البويضة لتكوين الثمرة وثمار كاذبة FallseFruits او Pseudocarps وهى التى تنمو فيها اجزاء اخرى مع المبيض لتكوين الثمرة . كما تنقسم الثمار الى :

(١) ثمار بسيطة Simple Fruits

وهذه تتكون من مبيض واحد كبير يشترك معه بعض الاجزاء الزهرية الاخرى . ويوجد منها الانواع التالية :

أ - ثمار بسيطة غضة أو طرية Fleshy Fruits

ويكون فيها الغلاف الثمرى او جزء منه عصيرى شحمى . يتميز الى ثلاثة اجزاء هى الطبقة الخارجية Exocarp والمتوسطة Mesocarpوالداخلية Endocarp ومنها :

١ - **الحسـله** **Drupe** : ويطلق عليها اللوزة مثال لها البرقوق واللوز والخوخ والزيتون - تتميز بوجود كربلة واحدة او اكثر وغلافها الخارجى جلدى رقيق والمتوسط شحمى والداخلى خشبى سميك .

٢ - **العنبـة** **Berry** : ويطلق عليها الثمرة اللبية وهى شحمية ذات بذرة واحدة او عديدة البذور تكون منغمسة فى المادة اللبية الموجودة بالثمرة . والغلاف الداخلى غير صلب لكنه قد يكون غشائيا او لحميا . وهى تنشأ من مبيض ملتحم الكرابل ومن امثلتها الطماطم ، البلح ، ثمار العائلة القرعية كالبطيخ حيث يتكون الجزء الخارجى من نسيج الحامل الزهرى او التخت الذى يحيط بالغلاف الثمرى الخارجى

(٣) **التفاحة** **Pome** : وهى ثمرة شحمية يتكون الجزء الخارجى من لحم الثمرة من التخت .. ويوجد هذا النوع فى ثمار التفاح والكمثرى .. وهى ثمرة كاذبة لوجود الثمرة الحقيقية فى التخت الشحمى .

ب - ثمار بسيطة جافة : Simple dry Fruits

وفيها يكون الغلاف الثمرى خشبى او جلدى لايمكن تميز اجزاؤه وتنقسم الثمار الجافة الى ثلاثة اقسام :

١ - ثمار جافة غير متفتحة : Dry Indehiscent

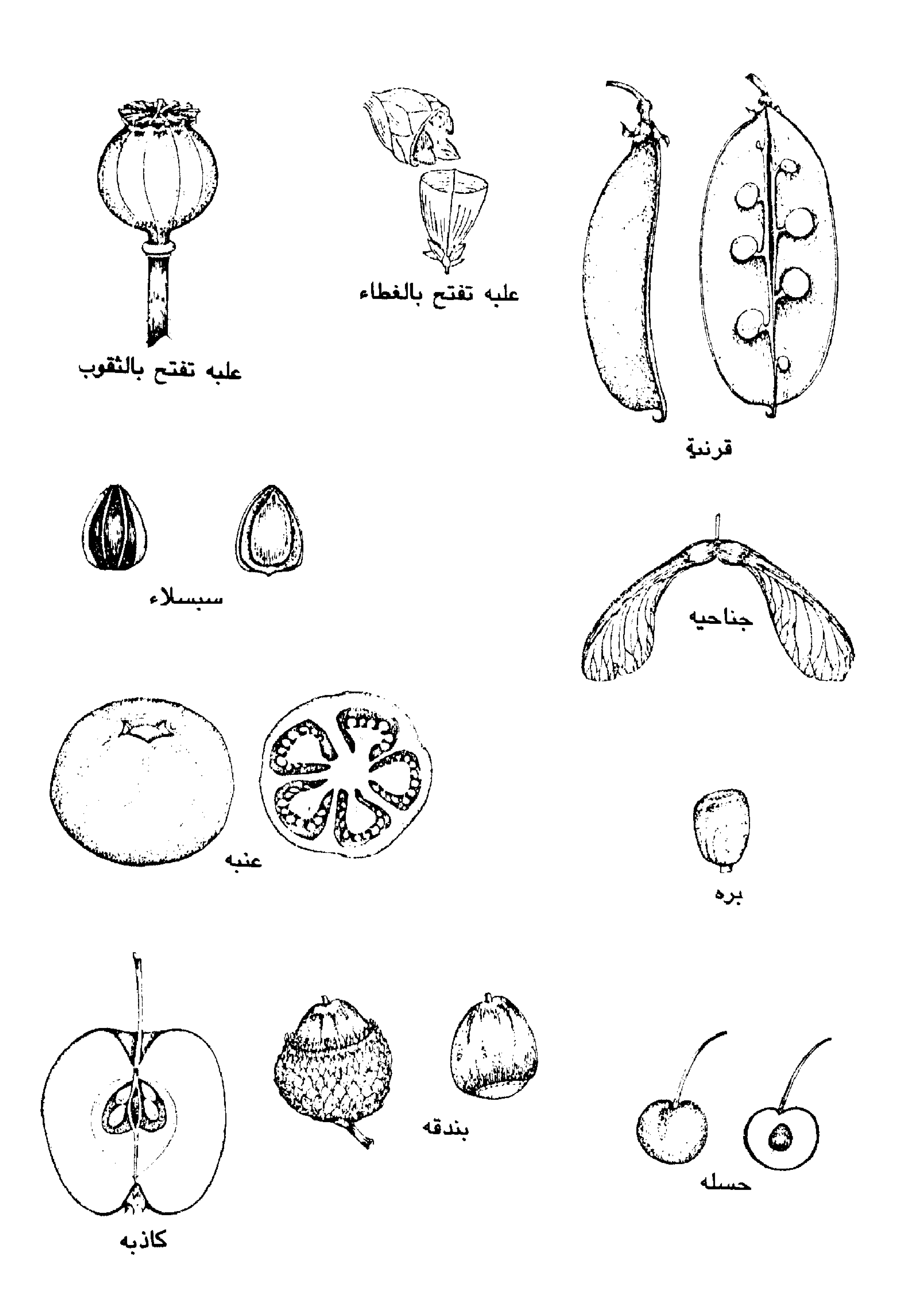
وفى هذه الثمار يكون الجدار الثمرى جافا خشبيا او جلديا ولا ينشق او يتفتح بينما تتخلص البذور منه بعد ان يبلى ومنها :

أ - **البندقة : Nut** وهى ثمرة جافة تتركب من كربلتين او ثلاثة ملتحمة . المبيض ذو غرفة واحدة وتحتوى على بذرة واحدة . غلافها خشبى كما فى البندق . المبيض سفلى او علوى

ب - **السبسلاء : cypsela** تتكون من مبيض سفلى ذو كربلتين ملتحمتين ومسكن واحد وبذور واحدة وجدارها جلدى غير ملتحم ومثال لها عباد الشمس والقرطم .

جـ - **الاكين او الفقيره : Achene** ناتجة عن نضج كربلة واحدة وتحتوى على بذرة واحدة ولا يلتحم الجدار الثمرى بقصره البذرة ، جدارها جلدى او غشائى وعادة ما تكون احدى ثمار متاع عديد الكرابل المنفصلة كما فى الورد

د - **البـره : Caryopsis** وهى ناتجة عن نضج مبيض علوى يحتوى على بذرة واحدة ، التحم الجدار الثمرى بقصره البذرة مكونا جدار واحد مثل القمح - الشعير الذرة ويطلق عليها الحبة Grain



(شكل ٥٩) انواع الثمار

هـ - **الجناحيه : Samara** ناتجة من نضج كربلة واحدة مثل الاكين الا ان الغلاف الثمرى يتمدد على هيئة زوائد تشبه الاجنحة مثل ابو المكارم والسرسوع .

٢ - ثمار جافة منشقة Schisocarps Fruits

وهى ثمار جافة ملتحمة الكرابل تنفصل عند نضجها مكونة عدد من الثمار . يوجد بكل ثمرة بذرة واحدة . ويوجد منها عدة انواع كالجناحيه المنشقة Winged cremocarp حيث تتكون الثمرة من كربلتين كل كربلة منها شكل جناح وبذلك تشبه الثمرة ثمرتين جناحيتين بسيطتين او ثلاثة ملتصقة ببعضها كما فى ثمرة الاسفندان Acer spp

٣ - ثمار جافة متفتحة Dry dehiscent Fruits

وفيها ينفتح الجدار الثمرى بطريقة منتظمة لتخرج منها البذور وتنتشر ومن اهم انواعه :

١ - **الجرابيه : Follicle** وتتكون من كربلة واحدة تحتوى على عدد كبير من البذور وتفتح طوليا على امتداد اللحام البطنى كما فى العايق .

٢ - **القرنية او البقلاء : Legume** تتكون من كربلة واحدة علوية بها عدد من البذور تفتح على طول اللحامين كما فى الفول والبسلة وقد تبقى بدون تفتح كما فى الفول السودانى .

٣ - **خردلة : Siliqua** تتركب من كربلتين يفصلهما حجاب كاذب وعند النضج تتفتح الكربلتين من اسفل الى اعلى ، وتنفصل الجدر الكربلية تاركة حافتها ملتصقة بالتخت كما نباتات العائلة الصليبية .

٤ - **الخريدله : Silicula** تشبه سابقتها الا انها اقصر واعرض كما فى نبات كيس الراعى

٥ - **العلبة : Capsule** وتتكون من عدد من الكرابل الملتحمة وتتكون من متاع علوى او سفلى وتتفتح العلبة بطرق منها :

١ - تفتح بواسطة ثقوب عند قمة الكرابل نتيجة انفصال جزء من المياسم عند نضجها كما فى الخشخاش

٢ - تفتح بواسطة اسنان نتيجة انفصال جزئى للكرابل كما فى العائلة القرنفلية

٣ - تفتح بواسطة شق دائرى ويسقط الجزء العلوى على هيئة غطاء كما فى الرجلة وعين القطر .

٤ – علبة تفتح بواسطة صمامات ومنها :

أ – المسكنى : Loculicidal حيث تفتح طوليا على امتداد الخط الزهرى اى من وسط الكرابل كما فى القطن

ب – حاجزى : Septicidal وتفتح طوليا على امتداد الخط الظهرى وكذلك على خطوط التحام الكرابل وبذلك تنفصل الجدر الخارجية للكرابل على شكل مصاريع تاركة حوافها والحواجز الفاصلة بين الكرابل متصلة بمحور الزهرة كما فى الداتورة .

(٢) الثمار المتجمعة Aggregate Fruits

تتكون من عدد من الكرابل المنفصلة الموجودة على تخت متشحم واحيانا ماتتجمع بدون التحام لتكون ثمرة واحدة ويوجد منها عدة انواع ومن امثلتها الورد – المانوليا – القشطة .

(٣) الثمار المركبة Multiple Fruits (composite)

تتكون من عدة من الثمار الناتجة من عدد من الازهار المتجمعة على نورة واحدة وتختلف الثمار المتجمعة عن المركبة فى ان المتجمعة نتجت من مجموعة من الكرابل المنفصلة على زهرة واحدة . وتشمل الثمار المركبة اوراقا زهرية واعناق وقنابات ازهار ومنها ثمار متجمعة توتيه حيث بكل زهرة ورقة شحمية كما فى التوت ومنها ثمار متجمعة التينية كما فى التين والجميز . والنورة لحمية مخروطية مجوفة تحوى بداخلها الثمار . ومنها المخروطية كما فى الصنوبر – ومنها كذلك ثمار الاناناس حيث تتكون من التحام ثمار غضة بجوار بعضها وكلها محمولة على ساق نورة متشحم .

البذور THE SEED

تنشأ البذرة من البويضة وتتركب عند النضج من الأجزاء الآتية : الجنين ، كميات مختلفة من الاندوسبرم ، يمتص احيانا عن آخره ، بقايا النيوسيله ، طبقات للحماية على السطح مكونة القصره التى تشتق من غلاف او غلافى البويضة .

وتختلف الاجنة عن بعضها فى التركيب باختلاف العائلات فقد يتركب من كتلة من الخلايا الانشائية قليلة العدد نسبيا دون ان يتكشف به جذير او ريشة او فلقات كما فى بذرة السحلب . وقد يتركب من محور ينتهى من احد طرفيه بمرستيم الجذر أو بجذير تغطى طرفه قلنسوه مميزة ، ومن الطرف الآخر ريشة واضحة وفلقات كبيرة . كما يتكشف جهاز الكامبيوم الاول ويمتد فى السويقة والفلقات وتوجد مثل هذه الاجنة فى بذور اغلبها كبيرة الحجم كما فى بذور الزبديه . وقد توجد عناصر وعائيه ناقلة خشب اول ولحاء اول متكشفة كما فى اجنة الكستناء . وبين تلك التراكيب توجد اجنة ذات تكوينات عديدة . وتحتوى الفلقات الغليظة التى لاتتمدد عند انبات البذرة على انسجة ناضجة مكونة من خلايا مستديرة او مضلعة قد توجد بينها مسافات بينية . اما الفلقات التى تتمدد عند الانبات فتحتوى على انسجة غير كاملة التكشف ، ولكن النسيج الوسطى قد يتميز الى نسيج اسفنجى وآخر عمادى وقد توجد ثغور فى البشرة .

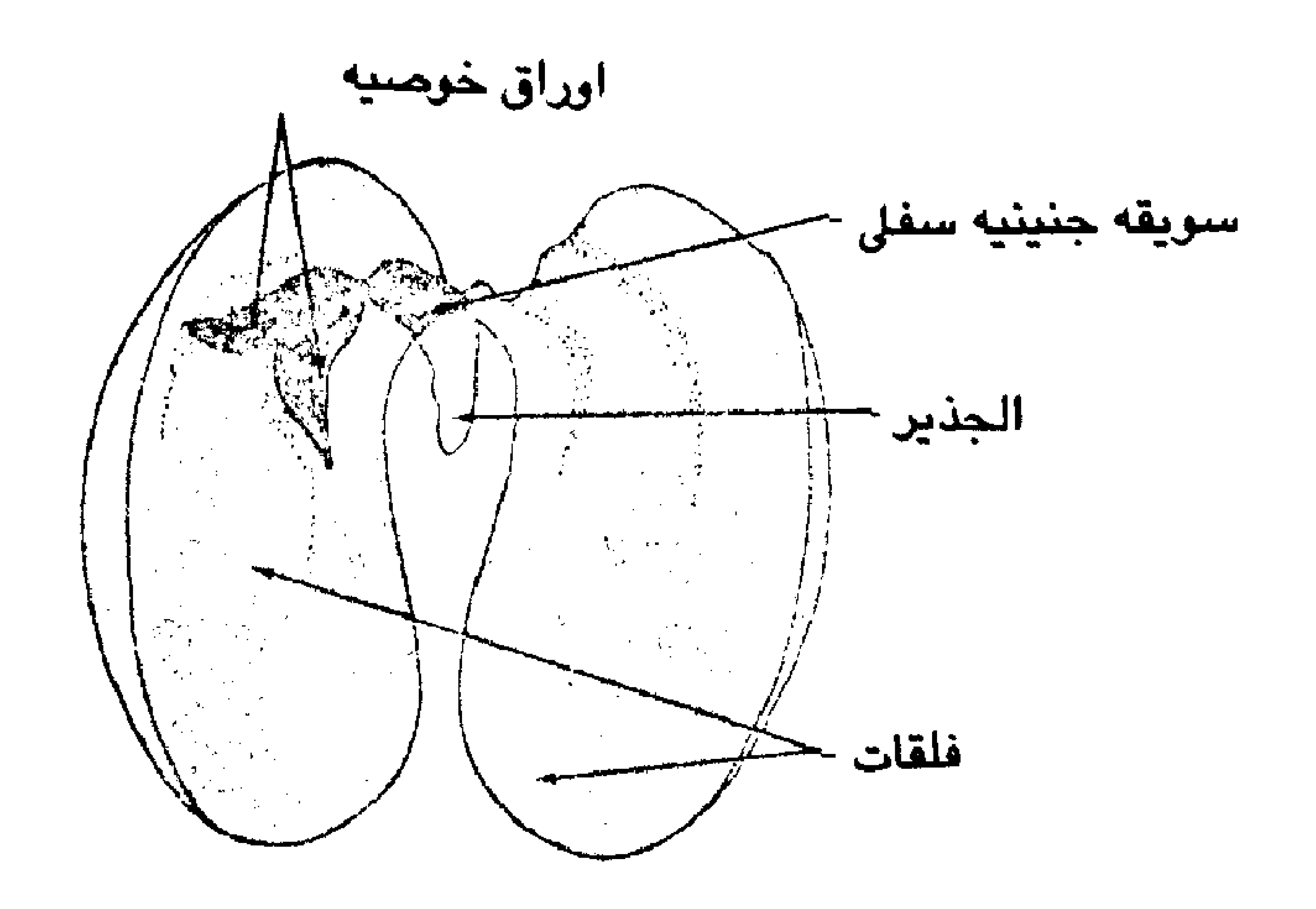
وتسمى العملية التى يتحول فيها الجنين الموجود بالبذرة الى حالة نمو بالانبات Germination وهو نوعان :

١ - انبات ارضى **Hypogeal Germination**

وفيه تبقى الفلقة او الفلقات تحت سطح التربة وذلك بسبب سرعة استطالة السويقة الجنينية العليا Epicotyl عن السفلى Hypocotylومعظم انبات ذوات الفلقة الواحدة انبات ارضى .

٢ - انبات هوائى : Eeigeal Germination

ويحدث فيه ظهور الفلقتان فوق سطح الارض وبينهما الريشة بسبب سرعة نمو السويقة السفلى عن العليا كما يحدث فى انبات الفاصوليا والقطن والخروع . والجذير اولماينمو من الجنين عند الانبات .



(شكل ٦٠) تركيب الجنين

